

用水化学方法普查镍矿床

丁 淇、艾胎年

水化学方法在国外是近年来普查金属矿床的一种新方法。在普查效果上具有极高的灵敏反应。我们大胆的尝试了这种方法，并直接用来普查镍矿。从今年在陕南秦岭南坡的基性岩和超基性岩地区进行的结果看，是令人满意的。这次根据比例尺1/5万的水化学测量结果，圈定出水中镍量异常区。为进一步开展地质工作或金属量测量提供了极为重要的地质资料。

用水化学方法普查镍矿床时，方法上大致与普查铜、铅、锌、钼、钴、铬……等金属矿床一样，最重要的是根据实际资料，结合具体条件确定水中金属含量的背景值和异常值，以及含矿的其他标志。采样时的一些技术问题，如采样时间、地点，以及采样点的密度等也很重要，因为这些既决定于金属种类，亦决定于具体自然条件。下面准备分别谈谈我们工作中的一些体会。由于我们工作经验不多，水平有限，不适当之处在所难免，请予指正。

一、用水化学法普查金属矿床的基本概念

水化学方法是地球化学探矿法中的一种，它是借研究受矿体影响而发生变化的天然水中化学组份的变化规律来寻找金属矿床的。由于金属矿床中金属矿物在物理化学的营力作用下，金属元素以真溶液或微颗粒状态进入地下水及地表水系中，从而使天然水中的化学成份发生了很大的变化，尤其在多金属硫化物矿床，这种现象更为明显。这样，就在矿床周围的水中形成一个某金属的高含量带，即水化学分散带。但有时，它是水中化学组份的另一种表现形式出现的，例如， SO_4 离子浓度增高，或pH值降低等等。

水化学方法较之金属量测量优点是：（1）可借助地下水反应深部的含矿情况；（2）不适于金属量测量的地表水系发育的地区，在较大面积上以小比例尺进行水化学测量，可以比较容易的查明矿体存在范围和有希望的地段；比之其他方法都为快而且有效。

应用水化学法，可以对Cu, Cr, Ni, Co, Pb, Ag, Zn, Mo及U进行评价，其任务是：①评价矿区远景；②圈定能形成分散带的矿体存在范围；③查明

含矿带的地下水化学成份及其流向；④确定岩石成份及复盖层下的构造变动。

为此，这种方法在近年来，苏联已经把它与金属量测量，地球物理勘探综合用于金属矿床的普查和勘探中。

在一般不含矿的情况下，水中金属含量的背景值是一定的；但在含矿地区则水中化学组份发生了异常的现象。前面已经谈过，这种变化是由于金属元素或离子扩散的结果。反应在水中的现象是：水中金属元素含量增高； SO_4 根离子浓度增大， SO_4/Cl^- 系数增加以及pH值降低等。有时水中含量增高的不是矿床的直接金属，而是其伴生元素；这些现象都决定于当地的自然地理、地质——水文地质条件。究竟哪一种因素是主要标志，哪一种辅助标志，以及标志的含量值均取决于具体条件，要根据具体资料和实验资料加以分析确定。

C. P. 克拉伊诺夫在“谈应用水化学法普查金属的经验”一文中，讨论了以 SO_4/Cl 系数作为找矿标志的问题。其调查区域内走向为西北，最高海拔为2500公尺的山嶺，岩石主要由凝灰岩组成，有远景的岩层为下部的凝灰喷出岩和安山岩组成的砾石层岩层中间的凝灰沉积岩层。水文地质条件为：（1）深层循环水，标高在200公尺；（2）非深层循环水。地区的地形多为高达2000公尺零散的山嶺。但所研究地区的特征，有相当大的水交替活动性，全年降水量为700公厘。

他根据工作成果，得出一个非常有意义的结论，“在这种条件下， SO_4/Cl 系数是一个主要的找矿标志，而水中的金属元素的含量仅是一个辅助的标志。其所圈定的异常区，后经地质证明是一个有希望的矿床。

B. 马尔托的论文中着重谈到利用水中pH值的降低作为水化学找矿的标志，他认为潜水的酸度与金属元素含量和岩石有关。含硫化物的页岩中，pH值为4.5~5.5；Cu的含量为5毫克/升；Zn的含量为20

* SO_4/Cl 系数的意义是 SO_4 毫升/升除以 Cl 毫克/升除的结果，称为硫酸氯一系数。

毫克/升。而在无矿岩石中，pH值在7.0以上，Cu的含量为2毫克/升，Zn的含量为5毫克/升。这是个十分明显的例子。

我局陈扬同志1957年在陕南某地区进行水化学找矿的结果是：水中含镍量在 $7 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-5}$ 克/升的地区为含Ni的白云岩和蛇纹岩，在此纹岩中赋存有零散分布的镍矿小扁豆体。在本区另一地点，水中镍量明显增高，达 9.6×10^{-6} 克/升。经详细研究后，查明水中镍量的增高是由新基性岩体中镍钴型的镍矿所引起。经验证明，矿石品位合乎工业要求。调查者，认为此地区找镍矿的标志是水中的镍量值，其他因素变化不显著。

我们今年用水化学法普查镍矿的结果表明：水中镍的含量是主要找矿标志， SO_4 ， SO_4/Cl 系数和PH值及Cu的含量仅为找矿的辅助标志。

调查区位于陕南某地，地区处于比高500~800公

尺的山地，地形切割厉害，山岭陡峻，地表水系发育，气候湿润，全年降水量在841公厘，主要集中在7~9月份，占年降水总量的50%以上。

地层是石炭二叠纪震安系(?)地层，主要为千枚岩、板岩，少数夹有不厚的石灰岩层。基性岩和超基性岩脉作大致东西向侵入在石炭二叠纪地层中，第四纪复盖层不厚。水文地质条件主要是：循环在基岩中的裂隙水，及埋藏在第四纪地层中的潜水，其条件十分利于在含矿岩体周围形成含镍的水分散量。我们在研究了水中的化学组份之后，认为水中镍量的异常变化是确定异常区的主要标志； SO_4 ， SO_4/Cl 系数，pH及Cu可作为辅助标志。这是因为，水中镍量规律性稳定、明显。所指示异常区的走向和含矿岩体方向一致。其他因素由于地层中的黄铁矿的存在，减低了成为主要标志的特殊意义。但应指出，后者的一般规律性是依然存在的，其结果可从表1中看出。

表 1

水化学组份		水中异常区含量 (平均值)			水中背景含量 (平均值)
主要标志 Ni (克/升)		一类 $1 \sim 5.5 \times 10^{-4}$	二类 $2 \sim 9.9 \times 10^{-5}$	三类 $1 \sim 1.9 \times 10^{-5}$	$< 1 \times 10^{-5}$
辅助标志	SO_4 (毫克/升)	194.21	118.2	60.24	50
	SO_4/Cl	35.02	17.70	12.38	< 9
	pH	6.52	6.95	7.14	7-8
	Cu (克/升)	5.1×10^{-5}	2.1×10^{-5}	2.1×10^{-5}	$2 \sim 1 \times 10^{-5}$ (出现者不多)

由是可知，水化学找矿标志象金属量测量的标志一样，应由实际资料 and 具体条件决定。限于我国目前实际资料很少，为了便于参考，援引苏联资料列于表2。

表 2

金属元素	水中金属元素 (克/升)	水中金属元素异常含量 (克/升)
Cu	$n \times 10^{-5}$	$6 \sim 8 \times 10^{-4} \sim 10^{-1}$ (后者直接流经矿体)
Zn	$< 10^{-4}$	
Ni	$a \times 10^{-6}$	1×10^{-5}
Ag Mo	$n \times 10^{-6}$	1×10^{-4}
Pb Co	$n \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2}$ (后二者直接流经矿体)

金属元素(或盐类)在水中形成分散量的大小，决定于不同条件，例如：水的温度、酸度和不同的矿种等。另外水的交替活动强度与围岩的成份亦有很大关系。一般Zn、Mo和Ag在天然水中移动的最远；Cu、Ni、Co较差；Pb、Sn、W最差。酸性水中金属可以

移动的很远；但一遇到碳酸盐类岩石，则急剧向下沉降。在水迟缓交替条件下，地下水缓慢移动，金属元素可以移动较远的距离。故地表水中采样时不适宜于急流或特大水量中取样。在条件良好时，铜可移动1~1.5公里，甚至到3公里；铅可达数百公尺，镍据我们的资料可达500~1000公尺。在圈定异常区范围时，可靠而有效的办法是用实验方法来解决。

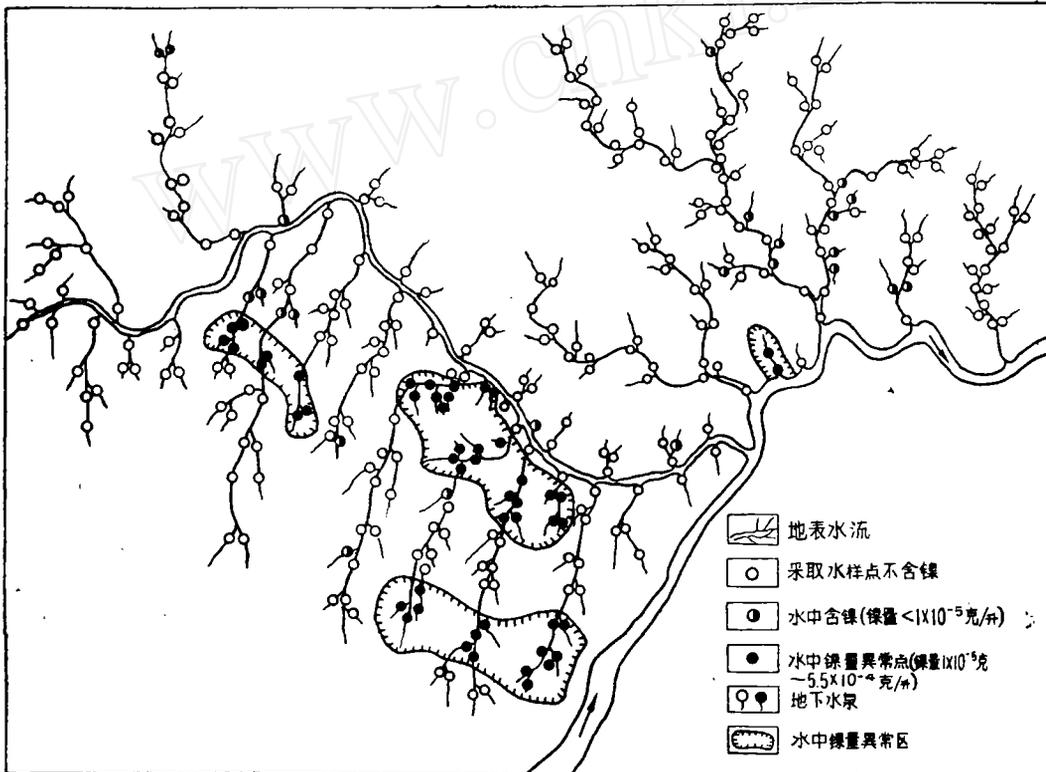
由于水中的金属含量不多，而用来发现异常的依据主要是研究天然水中的化学组份及其含量。为此，采取水样的时间就特别要加以注意。目前就采样时间问题，存在着两种分歧意见，有人认为雨季或雨天中取样为佳，亦有人认为下雨的时候会使得地下水或地表水中化学组份稀释，不同意在这些时间内来采。例如J. S. 伟勃和A. P. 米尔曼在非州一个铅锌地所作采样时间的实验，结果以数日微雨后取样水中金属含量最多。陈扬同志去年在陕南某地镍矿点亦作过同样类似实验，其结果以强雨后或微雨进行数日期间采样为佳，这时水中镍的含量变化在 $1 \times 10^{-5} \sim 9.6 \times 10^{-5}$ 克/升间，而在晴天或干旱天取样结果，水中镍的含量未

能測到。我們今年在陝南某地的基性岩出露處，進行了同樣的實驗，其結果與前兩者相同，可從表3中看到。在下雨過程中取樣最為良好，水中金屬含量明顯增加，水的礦化度亦以此時為大。但此時SO₄及SO₄/Cl係數則顯著降低。這裡值得引起注意的是，上述實驗者的水樣均採自地表水中，由於微雨數日和強雨後有利於增加水中的金屬顆粒或附着在帶電泥質顆粒點上的金屬顆粒；而水中的溶液（離子狀態的組份）濃度則相對的降低。由是我們深信金屬在水中的狀態是分兩種情況存在的：（1）真溶液狀態；（2）顆粒狀金屬狀態。且後者在雨天時天然水中占有優勢。因而在雨天或雨季時採樣是合適的。

雨天採樣或者是非雨天採取水樣，兩者之間的區別十分明顯，因此我們認為應當從實驗中取得它們的校正係數，以便進行資料綜合分析時，加以統一校正，使所作出的結論不致發生錯誤。

表3

取樣時的 天氣 情況		晴天達 十餘日 取樣	強雨未 停後13 小時	雨未停 後48小 時	雨停後 24小時
日/月		28/6	30/6	2/7	3/7
779號	Ni(克/升)	0	6×10 ⁻⁶	8×10 ⁻⁶	0
	SO ₄ (毫克/升)	38.43	21.61	7.20	8.64
	SO ₄ /Cl	5.42	5.54	2.03	1.92
	總礦化度 (毫克/升)	140	190	185	185
780號	Ni(克/升)	0	4×10 ⁻⁶	5×10 ⁻⁶	4×10 ⁻⁶
	SO ₄ (毫克/升)	30.26	7.20	7.20	7.20
	SO ₄ /Cl	5.40	1.35	2.03	1.35
	總礦化度 (毫克/升)	130	205	175	125
781號	Ni(克/升)	0	3×10 ⁻⁶	0	2×10 ⁻⁶
	SO ₄ (毫克/升)	20.65	4.8	7.20	7.20
	SO ₄ /Cl	3.24	0.9	1.69	2.03
	總礦化度 (毫克/升)	130	295	220	200



以介紹。

二、水學找礦工作方法簡述

水化學找礦測量工作方法在A. A. 布羅德斯基所著“普查金屬礦床的水化學方法和普查銅的水化學方法”中有詳細的敘述，這裡只就其中幾個主要方面加

1. 採樣點的分布

水樣來源主要有兩種：地表水和地下水。

地下水的水樣採自水泉（下降泉及上升泉），水井和鑽孔中；要利用出露於調查區的所有地下水露

头，不管其流量大小和水位埋藏深淺，能够取到的全部加以采取。但采样过程中，要严格避免采取已经污染的水源。例如：滴井、腐臭的旧鑽孔等。因为这些地点的有机質大量富集，影响了水中的化学成份。如必須采取时，需在取样之前进行抽水，而后采取。

地表水样，是分布在地表水流的支流、分支流的流口及支流頂上，水流过长則在中間加密采样点。一般不在流量大的主流，或水流急湍的河中取样，因为这些地段的金属元素易被冲淡。

采样点的密度，决定于测量的比例尺和調查地区的复杂程度，A. A. 布罗德斯基建議采样点的密度根据工作目的及不同比例尺确定，如表4所列。

表4

測量比例尺	水化学測量任务	采样点密度 (点数/平方公里)
1:100万	查明研究区主要成矿特征	0.02~0.08
1:20万~1:10万	查明区域总的远景和划分出化学詳查区域	0.09~0.6
1:5万~1:2.5万	划分出远景地段供詳查和勘探，查明个别岩石和构造断裂的含矿性	0.7~3.6
1:1万~1:5千	圈定分布矿床的可能面积，确定和說明山地工作和鑽孔的普查勘探工作位置以揭露矿体	决定調查区的具 体条件

我們这次1:5万的普查鑛矿的水化学找矿測量的采样点密度为1.52点/平方公里，地表水流的样点分布是点与点之間隔自500~1000公尺。遇有含矿岩体及地質有希望地段；或前人采矿遺址附近；或全部地下水露头点，則加密到100—200公尺。

为了檢查分析質量，采取10%的驗証水样。上述样品多采自含矿有希望的地段，与生产样同时采取。

2. 水样采取条件及方法

水样的采取的基本条件在于防止一切可能的污染，必須使所采样品保持特别清洁。因此，盛取水样的瓶要用磨口瓶，杜絕漏水；水样瓶盛水之后，用火漆或石腊封闭；盛取水样之玻璃瓶，先用清水洗2~3次，后用鹽酸洗一次，然后再用蒸餾水洗三次，最后檢查其效果。

取样方法要在水流平緩的地方盛取；取样之前先用欲盛取之水洗三次；瓶口对准水流流向的上方；水要緩慢的装入瓶中，不得发出潺潺的声音；所有的水

样不得盛滿至瓶口，一般留5~10毫升空间，在測定pH值SO₄后，在現場加10%濃度的硫酸4毫升；取样同时測定气温、水温；用比色方法測水之pH值。

由于我們本次工作的主要目的在于普查鑛矿以及和基性岩与超基性岩有关的矿物；所以水样分析分为两种：

(1) 用光譜半定量測定水中金属含量；分析的元素是：Ni, Co, Cr及Cu；水样容积采取2000CC。应当指出，后者取決之水中金属含量多少，一般以水的矿化度作間接指示；

(2) 水質簡易分析，測定水中SO₄²⁻, Cl⁻, HCO₃⁻及矿化度；水样容积采取500CC。

最后还必须指出，所采集的水样必須是矿化度小于1克/升的天然水，否則不应采取。如果采样点选在地表儲水池或沼泽地段，必須首先观察水的污染情况。

野外測量中，水样的采取程序一般是沿着地表水流逆流方向上追至頂，在这过程中，观察地質和人文地質現象，合理的安排采样点的位置；而后再由河流頂向下逐步采取水样。在采样点处要描述地形特征和地貌現象；地質構造，岩性和成份；必要时采取岩石样品；岩石結構和含水情况；记录天气晴、雨、微雨和强降雨等；记录气温和水温。采样点位置用目測或罗盤交匯法填在地形图上；无地形图时，可以罗盤作地表水系分布簡图代替。

3. 水样分析和干涸

(1) 水質簡易分析在野外化驗站进行；但亦可以用水質分析箱在野外測定，由具体条件选定。

(2) 光譜半定量分析，是由野外化驗站提取水中干涸物而后送交中心化驗室測定水中金属含量，提取干涸物的方法如下：

把水样倒入洗淨的蒸发皿中，其容积为300毫升，倒入水量以蒸发皿的3/4为宜，而后盖上三角架及表皿，放置在帶有通风櫥鉄砂板上蒸之（鉄砂板之规格視置放蒸发皿数量而定，一般可用500mm×700mm的），鉄砂板之下以木炭加热。

蒸发过程中，試水每次蒸到剩30毫克~50毫克时再續加試水，切不可一次蒸干，通风櫥的温度一般在80°C左右，絕對禁止試水沸騰。这样大致需要8~12小时即可完成一批水样的干涸。

蒸干后，干涸物用玻璃棒从蒸发皿中取出，以1/100克精度的天称測其重量，然后用紙包好（經過檢查的防潮紙）置于小試管中，用軟木塞塞紧，送交中心化驗室用光譜仪測定。

光譜分析的灵敏度一般可測到 1×10^{-6} 克/升，这一数值实际已足应用。根据我們的資料，分析誤差一般在20~30%时，最大者不足100%。因而光譜半定量分析是可以滿足水化学找矿工作要求的。

但，本着多快好省的观点来看，光譜半定量方法存在很大缺点，主要是：在交通不方便且距光譜站很远的情況下，水样的運費大、時間長，不能使結果及时的指导野外工作。妨碍水化学找矿工作的开展，影响了这种方法的实际效果。我們認為，如果能在野外采用快速的方法測定水中重金屬，将会大大的提高工作效果，减少水样浪費和运输的费用。例如：采用水中金屬濃集后用斑点半定量法进行測定，或野外比色法測定。我們衷心的希望化学分析人員能够加以研究，使这一分析方法提高到更先进的水平。

三、从水化学法找鑛談普查金屬矿床水化学方法的地位

本次用水化学方法普查鑛矿时，发挥了这一方法的最大普查效果，在地質上指示出大量出露的基性岩地区，从中圈定出含鑛最有希望的鑛量異常区。这是地質露头測量找矿法所难做到的，同时亦是金屬測量或地球物理探矿法以短時間內用較少工作所难达到的。我們認為，不仅对鑛矿可以使用，同时对其他多金屬矿床亦用之有效。这种方法的特点就在于，在条件适宜时，可以在地質指示的含矿范围或含矿带內，

(上接第36頁)

进控制閥里的針閥来控制。由于油泵的来油并不經過液压調节閥而系直接返回油箱，因此自重鑽进过程中，油泵系处于低压工作状态，这样不仅使功率节省，油泵寿命延長，并且还不易产生噪音，而軸心压力的数值，一样会由指重表指出。所以假如条件允許，就可以用漂浮位置来作自重或减压鑽进。但这种鑽进方法也有它的缺点，因为漂浮位置的本身是不能提动鑽具的，除非是把手柄換到减压鑽进位置（即第2位置）去，而在一般鑽进特别是复杂岩层的鑽进中，提动鑽具不仅有其必要并且还很頻繁，因此自重鑽进只宜在較均匀而完整的岩层中进行，以避免採鑽时的麻煩和由此而引起的油压冲击。

(四) 冲洗柴油机潤滑油路問題：

在XH-60型鑽机所配备的1053K型三缸柴油机的原說明書上，它一再強調了这样一句话：“切勿用冲洗

很快的圈定出含矿最有希望的地段。

我們建議，水化学測量放在区域找矿測量和区域水文地質測量之后，在地質上和水文地質上指出含矿范围或含矿带的地段进行。測量比例尺可根据測量地区的具体条件逐步加大。例如：从1/20万，1/10万，1/5万至1/1万到1/5000。然后再在圈定的異常区內使用金屬測量或物探进行詳查和精查。由于經過水化学方法圈定的異常区的面积大大的縮小，从1个到几十个平方公里。这时金屬測量和物探詳查或精查亦就可发挥更大的效果。当然，在条件良好时，亦可以用水化学方法直接指示出矿体所在位置，并以山地和鑽探工程揭露矿体。

参 考 文 献

1. 1957年陝南某地水化学找矿結果报告書 陈揚 (內部資料)
2. 1958年陝南某地水化学找矿結果报告書 艾貽年 (內部資料)
3. 普查銅的水化学法 A. A. 布罗德斯基
4. 普查金屬矿床的水化学方法 A. A. 布罗德斯基
5. 应用水化学法普查多金屬的經驗, G. P. 克拉伊諾夫。
6. 天然水中作为找矿标志的重金屬 T. S. 偉勃, A. P. 米尔曼。
7. 全苏金屬矿床地球化学找矿會議總結, B. N. 克拉斯尼科夫。

油冲洗引擎，因为柴油机的軸承压力太高是不允許使用这类油的”，按这句话的意思是說，当內燃机的潤滑油路不清洁或阻塞，而引擎的其它部分都完好时，則为避免整个拆卸的麻煩，可以利用冲洗油来冲洗油路（冲洗油一般系指煤油汽油之类），即把引擎油底壳里的廢油放出注入冲洗油，利用手搖，以起动馬达拖帶或发动引擎，使其運轉一兩分鐘，在油泵的压力作用下，用冲洗油清洗整个潤滑油路。然而由于柴油机的軸承压力太高，則它在沒有潤滑油膜的情況下運轉就会使軸承或曲軸銷蒙受損害，所以用冲洗油冲洗潤滑油路的方法对柴油机來說是不允許使用的。

另在內燃机所附工作手冊上曾提到，进气閥閥程与其导管之間的間隙不應該超出0.032至0.15公厘的范围，假如間隙太大，則潤滑油会在吸氣行程中被吸入到气缸里去，这样会使引擎怠速運轉不正常，并使潤滑油的消耗增加。