

水文地質工程地質工作方法小丛书

# 水化学及水化学找矿

地質部水文地質工程地質研究所 編

---

地質出版社

# 目 录

第一章	緒言	1
第二章	什么是水化学	2
第三章	水化学在国民經济中的应用	8
第四章	水化学找扩	11
結束語		23

## 第一章 緒

亲爱的讀者，在我們日常生活中，在进行工业生产以及农业生产的时候，請想一下：什么东西是我們最必不可少的呢？当然，这样一类的东西有很多。不过，可以肯定的說：水是最重要的。

但是，我們还要問一下，您可曾怀疑过水的純淨？譬如說有一杯碧清的水，你会觉得水中有很多“杂质”嗎？而且，是不是所有的水都是一样的呢？

大概，很多人都考虑过这个问题，并且从丰富的生活知識中知道水有着各种不同的性質。譬如雨水和井水的味道就不一样，这些井水和另外一些井水的味道也可能有不同，而且有些水还能治病等等；即使看起来它們的外表絲毫也沒有差別。

是的，事实告訴了我們，水是十分寶貴而又复杂的物質，它象別的矿产一样，是我們的寶貝。

这本小冊子就想談一談；决定水具有不同性質的主要原因——水的化学成分的一般道理和它們在各項国民經济中所起的作用，以及我們怎样利用水化学这个方法去找寻金属矿床，来為我們社会主义建設服务。

这里限于篇幅，只能談一些基本知識，作为廣大群众的讀物。初步滿足人們对科学知識日益增長的要求。有兴趣的話，进一步深入还可參考很多其他有关方面的書籍，而且这本小冊子是在短期內写出来的，必然存在着較多的缺点，請讀者們多多提出來意見。

## 第二章 什麼是水化学

現在我們來談一下水化学倒底是什麼？為了說明這個問題，還得先從下面這個問題說起。

地球表面上的水圈面積大約佔整個地球面積的四分之三。按容積說，大約有 137,000 萬立方公里。陸地地表上的水（河、湖）約 751,200 立方公里。而每年大約有 10 萬立方公里的水從海洋上蒸發，變為雨水轉運到大陸上。這樣，落下來的大量雨水不僅對地殼表面的岩石起了破壞作用，而主要的是大氣降水還可以通過岩石的孔洞，裂縫等滲入地下，使岩石空洞充滿了水，成為地下水。它和周圍的岩石進行積極的化學溶解作用。地下水的溶解能力是很強的，幾乎所有的礦物和岩石都不是絕對不能被水溶解的。因此，天然水總含有各種雜質，成為一種溶液。所不同的，只是因為它們所處環境的不同，而使其水質和所溶解物質的數量不同而已。因此，這種溶解在水中的鹽類就是水的化學成分，即水化學。根據化學成分的不同，可以反映出水的形成環境和形成歷史。所以研究水中化學成分對了解水的性質和它的成因起源有着很大的幫助。同時，也可以利用這一特性來為我們服務，例如：水中含有某些鹽類可以開採提取作為工業原料，或者含有二氧化碳氣體，銣、碘、溴等（雖然很少）就可以作為醫療礦水用等。不僅如此，還可以從水的某幾種化學成分做為標誌，來探索新的秘密，如流經礦床附近的地下水，

溶解了一些特殊成分，如金属元素，就使得我們有可能沿着地下水的来路去找到这个矿床。因此，研究水化学对国民經济有着重要的意义。

地下水的成分和性質并不是固定的，它随着空間和時間而变化着。决定地下水成分的主要自然条件有下列几种：(1)气候；(2)土壤层的性質；(3)岩石的成分；(4)生物活动。而地下水的流动条件和水的交替强度也起很大作用。

在湿润的地区，排水条件优良的地区，地下水有着良好的流动条件；則它和周圍岩石接触時間少，溶解的鹽类較少，形成淡的潛水（甜水）。相反，在干旱、半干旱地区，或在地下水循环困难的条件下，則常常因为地下水交替条件差，排水网发育不好，水的流动发生困难，而且大气降水的补給又差，使得有些鹽类大量溶解堆积，形成鹽水或硷水。

地質因素对地下水化学成分形成的影响，也就在于岩石和地下水的相互作用。

现在来看一下地下水中主要的几种化学成分：

鹽类溶解于水中以后，即以肉眼看不見的状态存在了。如食鹽溶于水中，經過一定時間，食鹽晶块逐渐变小最后甚至完全消失，为什么呢？这就是因为食鹽是由二种元素——鈉和氯化合而成的（ $\text{NaCl}$ ），当溶解于水后，鈉和氯即单独存在，即我們通常称的离子状态。它們的性質和原来的鹽类性質就完全不同了。

每一种鹽类，都可以被分成二种或二种以上的相对应的阴离子和阳离子，又以  $\text{NaCl}$  为例：当水中有一定量的金属离子——鈉存在时，必然还有相当量的阴离子氯，阴阳离子

在溶液中总是中和的。

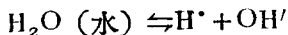
对水的性质意义最大的阳离子有： $H^+$ （氢）、 $Na^+$ （钠）、 $Mg^{++}$ （镁）、 $Ca^{++}$ （钙）、 $Fe^{++}$ （铁）和 $Mn^{++}$ （锰）等。阴离子是： $OH^-$ （氢氧根）、 $Cl^-$ （氯）、 $SO_4^{--}$ （硫酸根）、 $HCO_3^-$ （碳酸氢根）、 $CO_3^{--}$ （碳酸根）、 $SiO_3^{--}$ （矽酸根）等。以及一些未被分解的化合物： $Fe_2O_3$ （氧化铁）、 $Al_2O_3$ （氧化铝），等等。主要的气体有： $N_2$ （氮）、 $O_2$ （氧）、 $CO_2$ （二氧化碳）、 $CH_4$ （沼气）、 $H_2S$ （硫化氢）等。

但最为常见的还是 $Cl^-$ 、 $SO_4^{--}$ 、 $HCO_3^-$ 及 $Ca^{++}$ 、 $Mg^{++}$ 、 $Na^+$ 等六种。

水的性质主要决定于阴离子，而阴离子中即一个离子含量的多少，又决定于水的总矿化度——即水的总含盐量。通常在矿化度较小的水中（淡水），主要是 $HCO_3^-$ （碳酸盐水）。中等矿化度的主要是 $SO_4^{--}$ （硫酸盐水）。而含盐量很高的水则主要是 $Cl^-$ （氯化物水）。原因主要是因为决定是阴离子成分的盐类在水中溶解量不同。氯化盐最易溶解，而碳酸盐，如大理石溶解量最小。

现在分别来谈一下这些离子的形成环境和性质：

$H^+$ ——氢离子：由于水的分解，水中总含有氢离子和氢氧根离子。



其中 $H^+$ 和 $OH^-$ 离子的浓度在一般纯水中是相等的。我们以pH来代表氢离子浓度的尺度。pH=7的我们认为是中性水，pH<7是酸性水，硷性水的pH值则大于7。当水中酸度增高时（即pH在7的数值以下，数值愈小，表示氢离子浓度愈

大，水愈呈酸性），很可能是因為水中有含量較高的二氧化碳（碳酸氣）或有機酸的存在。在硫化礦、煤礦和其他礦床中的水，也常常呈酸性反應（ $\text{pH} < 7$ ）。

多數情況下，地下水具有弱鹼性的反應。地表水由於 $\text{CO}_2$ 的含量較多，水可能略呈酸性。

礦化作用很強的地區，如乾旱地區，地下水、地表水多呈鹼性反應（ $\text{pH} > 7$ ）。

水質隨着 $\text{pH}$ 的大小不同，可有不同的特性。它在農業上、工業上、地質上都有着重要的決定作用。極大多數的生物化學過程要在一定的 $\text{pH}$ 值的環境下進行。因此，測定水的 $\text{H}^+$ 濃度，掌握 $\text{pH}$ 值，對我們進一步利用水化學資料還是首要的一環。

$\text{Cl}^-$ ——氯離子：水中的氯離子分佈很廣。由於氯化物的溶解量很大，在一公升水中可以溶解幾十克到幾百克（一公升是1000克）。所以在乾燥地區或排水十分不好的地區，在溶液中它的含量甚至可在總含量的90%以上。

氯離子的成因除了溶解氯化物以外，也可能是有機成因，如在人口集中的地區，或工廠附近，被拋棄的污水會滲入到地下水中，使水質弄髒，氯離子含量增高。

因此，氯離子在水中含量的多寡，可以作為判斷該水流動條件是否暢快、流經的途程的長短（表現在溶解鹽類的多少），以及可能情況下，中途有否污染源等等的主要標誌之一。

$\text{SO}_4^{2-}$ ——硫酸根離子：它在水中的出現，可能是因為岩石中石膏（ $\text{CaSO}_4$ ）的溶解。也可能是金屬的硫化物礦床區，當硫化物和空氣接觸時，起了化學變化（氧化作用），

使水中集聚了硫酸根离子。如黄铁矿 ( $\text{Fe}_2\text{S}$ ) 氧化时生成硫酸。因此在利用水化学找矿，特别是找硫化矿床时， $\text{SO}_4^{//}$  的含量大小也是重要标志之一。当然，这还必须与其他离子含量的测定共同来解释。

在沼泽地区往往也会生成硫酸盐的酸性水。

$\text{HCO}_3^-$ ——碳酸氢离子：一般淡的地下水中，多半是以这一个离子为主。这类水也是最好的供水水源。因为碳酸钙的溶解量较小，所以它的绝对含量一般是不大的。它的成因与石灰岩或白云岩等在有二氧化碳存在时的溶解有关系。

$\text{Na}^+$ ——钠离子：所有的钠盐都是很容易被溶解的，特别常见的就是氯化钠(食盐)。一般情况下，它与氯离子一样首先被地下水或地表水溶解，因此在地下水中它是广泛分佈着的。

$\text{Mg}^{++}$ ——镁离子：它在地下水中分佈较钙离子要少些(海水中它的含量则比  $\text{Ca}^{++}$  要大得多)。通常也小于其他阳离子的含量。但是它随着矿化度的增加而增加。其成因主要是含镁的火成岩或白云岩的溶解。

$\text{Ca}^{++}$ ——钙离子：它与  $\text{HCO}_3^-$  一样，广泛的分佈着。形成淡的地下水或地表水。但如果流经富含石膏 ( $\text{CaSO}_4$ ) 的地区，则  $\text{Ca}^{++}$  含量可以很大，阴离子也以  $\text{SO}_4^{//}$  为主。它的成因主要也是含钙岩石的溶解。

除了上述离子以外，在水中还有其他很多种离子，但一般来说含量较少，这里就不再谈它了。表示离子含量多以每公升中有多少克来说明。符号是若干克/公升。

现在再来谈一下水的物理性质：它们主要包括水的温



度、顏色、氣味、味道等。

地下水的溫度決定於地下水所在地區的气候條件和地熱條件。你曾否想過河水、湖水為什麼夏天熱、冬天冷？井水為什麼夏天涼而冬天熱？為什麼有的泉水是熱的？

大概你們是想過的吧！原來地表水的溫度是隨著氣溫變化的，夏天氣溫高，河水的溫度也就高；冬天氣溫低，河水的溫度就自然地降低了。至於井水，由於它貯藏在地下，太陽的熱量不能照射到那里，因此井水的溫度是一年四季不變的，冬暖夏涼的感覺是由於氣溫變化而發生的錯覺。還有一種是熱水，它的溫度是與水的埋藏深度有關的，因為地球核心是一個熾熱的火球，所以地下水的埋藏愈深，水的溫度就愈高，當它有可能流出地表時，就是所謂溫泉，一般認為每往地下深33公尺，溫度就可以升高一度。

水的顏色決定於水的成分和混合物。大部分水是无色的。硬水為淺藍色，亞鐵和硫化氫使水變成淺綠藍色，含有有機質、腐植質的水一般為淺黃色。

地下水通常是沒有氣味的，但當有硫化氫存在時就使水有臭雞蛋味。木頭加固的某些井泉中的水常有霉味。一般認為水的氣味常常與腐爛的有機質和細菌的作用有關。

水的味道決定於水中溶解的礦物質和氣體。如在水中有大量的有機質就使水有甜味。礆味是與水溶解氯化鈉有關、當水中含有硫酸鹽（硫酸鎂、硫酸鈉）時，水就有苦味。又如含有鐵質的話，則有銹味或墨水味等。

以上提及的一些物理性質一般都是我們在日常生活中時常遇見的。這只是一小部分，民間還有很多豐富的經驗來識別

水質的好壞。而且除了這樣幾個物理性質以外，另外還有透明度、比重、導電性及放射性等等。

總之，水的化學成分與物理性質是我們了解水，從而利用水的第一步，也是重要的一步。但是為了要真正的合理利用水化學的觀點去探求地下水的來龍去脈，更好的為我國國民經濟服務，還必須了解自然地理條件、地質及地理條件，以及配合別的研究方法綜合考慮，這樣才能更全面、更正確的解決問題。

### 第三章 水化學在國民經濟中的應用

前面已經說了研究水化學的一些重要意義，現在來簡單具體的說說在各項水文地質任務中，它所起的一些作用及其評價。

#### 一、飲用水方面

首先應考慮在水中不應含有對人體健康有害的物質；如銅、鉛、砷等。而溶解於水的鹽類含量，一般也不應超過某種限度，這個限度不是對所有地區都合適的，譬如：在水非常缺乏的乾旱地區，含鹽量較高的水也作為飲水之用，一方面居民已經習慣，另一方面也是客觀要求。這一類水因為含鹽量大而使得味道不好（或者洗衣服時，肥皂不易起泡沫等）。

一般的要求 $Cl^-$ 含量在 100—200 毫克/公升， $SO_4^{2-}$ 含量在 200—500 毫克/公升左右。而總的含鹽量最好在 1 克/公升

以內。

另外，在水中不應具有污染標誌的離子存在，如亞硝酸 $\text{NO}_2''$ 、銨 $\text{NH}_4^+$ 等，有時氯離子大量存在，也是污染的標誌。而且不應該有病菌。

物理性質方面，水應該是透明、無色、味道良好和沒有臭味的。溫度最好是 $7-11^\circ\text{C}$ 之間。

## 二、工業用水方面

大部分工業生產部門在技術操作過程中都需要大量用水，這時要尋找適用而且夠用的水就成為迫不及待的任務了。

一般情況下，水中含了機械懸浮物或某些溶解物質時，都能對生產起有害的作用。

由於水中含有 $\text{Ca}''$ 、 $\text{Mg}''$ 、 $\text{Fe}'''$ 、 $\text{Al}'''$ 、 $\text{CO}_3''$ 、 $\text{SO}_4''$ 及 $\text{SiO}_2''$ 等離子，會使鍋爐壁上形成水垢；即碳酸鈣等的沉積物，它不僅降低了爐壁傳熱的能力，甚至可使爐壁受到過度灼燒時，將金屬燒蝕，隨之而來往往可發生鍋爐的爆炸。

因此，在選用水時，必須作上述幾種元素的化學定量分析。 $\text{Ca}''$ 、 $\text{Mg}''$ 、 $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{SiO}_2$ 等的含量要很小，總的不要超過 $0.3$ 克/公升。

而另外，氫離子濃度（ $\text{pH}$ ），對於金屬的腐蝕性來說也是很重要的，特別對鐵質來講。因此應該要使水的 $\text{pH}$ 不小於 $7$ 。因為酸性水有着特別明顯的腐蝕性能。

溶解於水的氧氣、碳酸氣、硫化氫等也能對鐵起腐蝕作用。

但是，對於不同的工業生產對象，還有各種不同的要求。如對混凝土具有侵蝕性的是含硫酸鹽的地下水，因為它

們能在混凝土的孔隙中生成石膏等晶体，遇水膨大而使混凝土破裂。因此縮短了建築物的壽命。

### 三、灌溉用水方面

我們常常用井水作為灌溉用水的水源，因為它比起地表河水等流量隨季節變化不很大，而且沒有懸浮物質。但是它的水質對植物和土壤都有着很大的關係。如果水中溶解的鹽類過多，對農作物的生長就很不利。而且促使土壤的鹽漬化，因此有必要來談談水化學成分對灌溉用水的評價方面：

一般水中鹽類的含量如果不超过1.7克/公升是无害的，如大于这个数字，一般情况下就有必要对水中鹽類进行分析。如果水中鹽類溶解量超过了5克/公升，那么，我們認為是不大适合灌溉的了。但也要看土壤的性質和植物的種類而定，而且与土壤中排水条件的好坏也有一定的关系。

存在于地下水中的鹽量對灌溉來說以鈉鹽為最有害了。特別是鈉的碳酸鹽( $\text{NaCO}_3$ )，它对土壤鹽漬化影响最大，最多只允許1克/公升。氯化鈉( $\text{NaCl}$ )允許达到2克/公升，如果是硫酸鈉( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )則允許达5克/公升左右。假如水中这三类鹽類混合物达4.0克/公升，那这种水已經有害灌溉了。

事实已經証明：当用含鹽到4.4克/公升，其中 $\text{NaCl}$ 含量为3.6克/公升的水进行灌溉时，谷类作物立即死亡，土壤也发生了鹽漬化。特別在干旱地区，由于强烈蒸发的結果，鹽類沉淀下来，产生了明显的鹽漬化，严重的影响了作物的产量。

因此在灌溉时，与土壤鹽漬化进行斗争是一个很重要的問題，一方面是要采取預防的措施，即改进灌溉的方法，合

理的用水。另一方面要給已經鹽化或碱化的土地作土質改良。

进行土質改良，可以采用洗土的办法，消除土壤中多余的鹽类，但是还必须設法改变土壤的性質。这在碱土土壤中特別重要。最常用的是加石膏，然后洗土，这样可使它与碱土中的碳酸鈉作用，生成較易溶解的硫酸鈉而被冲洗掉。

以上这些水化学的評价，只是指在一般正常情况下的要求。能够不超过这些指标固然好，但也不能被机械的限制住我們更好更合理的去使用地下水。指标是可以隨着具体条件改变的，因此我們必須結合具体情况：如水源、土壤、自然地理等条件綜合考虑，訂出切实可行的指标来，才能真正适应我們工农业的高速度发展，而且通过实践丰富我們的科学宝库。

下面我們还要重点說一下水化学在国民經济中的另一重要作用，即水化学找矿。它作为单独一章來說明，是因为这在目前我国來說还是一种較新的找矿方法。

## 第四章 水化学找矿

利用水化学的方法来寻找各种矿床是一种新的找矿方法，水化学被运用到找矿方面来还没有多久，仅有几年的历史，在我們国家里还只是刚刚开始运用，但是現在在寻找各种矿床时却被广泛地运用着，因为它有很多优点，第一：它可以在用地質方法和地球化学中金属測量法进行很困难时，甚至这些方法不可能进行找矿的地方运用，也就是說，可以

在土层复盖較厚的地方运用它来寻找矿床；第二：它不需要通过很复杂的仪器来进行工作；第三：它可以用較少的工作量而得到比較好的結果，这样既方便，又經濟，所以我們在普查找矿时可以充分地利用水化学方法。当然由于水化学方法运用的時間还不十分久，研究得还不够，故难免还存在着一些缺点，例如：它还不可能完全正确地确定矿体的大小、深度及工业价值等等，因此水化学的方法还必须和其他找矿方法同时运用，互相配合来确定矿体。

### 一、什么叫水化学找矿

寻找矿床的水化学法主要是研究和利用在矿体的影响下发生过作用的地下水化学成分变化的規律性，也就是說根据地下水和天然水中各种成分的变化和各种金属元素、稀有元素含量的大小来判断什么地方可能有矿床的存在。前面已經談过，地下水不是很純洁的东西，而是一种溶剂，它的溶解能力很强，它能溶解很多种化学元素，因此天然水和地下水是一种天然的溶液，其中总是含有各种杂质，甚至最純的雨水中也含有某些从空气中吸获的物质(二氧化碳气)。溶解在水中的物质(特别是气体)常常加强了水的溶解能力和分解能力。

溶解在地下水中和天然水中的化学成分和金属等元素有的是呈离子状态存在，有的是呈很微小顆粒的膠体状态存在，有的則呈气体状态存在。在不同的条件下，化学成分就起不同的变化，各种元素的含量也不相等，比如：在不同的地点、不同的岩石和土壤中以及在不同的气候条件下，地下水化学成分的变化就不同，各种元素的含量也不相同，或者增高，

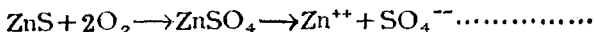
或者減低。又如由于地下水埋藏の深淺不同，則地下水化学成分の变化就不同，各种元素の含量也有变化。一般來說，地下水中各种金属元素の含量是有限的，或者說是很小的（約千分之几毫克，甚至万分之几毫克），这种含量我們称它为背景含量，当地下水流过矿体时，地下水就溶解了大量的各种元素，故水の化学成分发生显著的变化，各种金属元素の含量也大大增高，这种含量，我們称它为矿体量含量。当地下水流过矿体一定距离后，由于各种条件的变化和由于地下水受到天然水の冲淡，或受未流經矿体的其他地下水的补充，故各种元素の含量就渐渐減低，这种含量我們称它为水扩散量含量。最后成为与普通地下水中的含量一样（背景含量）。这种变化是有一定規律的，因此我們就根据这一道理，在一定面积內取水样作化学分析或光譜分析，以确定各种元素の含量，然后根据分析結果并結合其他方法来推断矿床的存在。

## 二、利用水化学法能寻找那些矿床

在水中分佈的化学元素几乎是自然界中所有的元素，而且分佈很廣，其中很大一部分都可以用水化学方法来寻找，根据目前的条件大概可用来寻找下列几种类型的矿床。

### （一）多金属矿床

在这类矿床內主要是硫化矿床，如銅矿床、鉛鋅矿床等。这些矿床很容易与地下水发生作用，特别是經過风化以后，最易与水作用而成为这些金属元素的硫酸鹽。再經過分解便成各种金属离子和硫酸鹽离子，所以这些元素在地下水中含量很高，我們下面用化学作用式来表示：



其他硫化矿物在氧化的条件下也起类似的作用，故目前在硫化矿床中用水化学方法来普查是极为有效的方法。在第四节中我们将着重来谈一下普查这些矿床的水化学调查方法。

## (二) 稀有金属矿床

稀有金属或称稀有元素从它们的名词含意上来看，似乎是它们在地球上分佈不廣，含量也是不多的，但实际上并不完全这样，很多种稀有元素在地球上分佈很廣，而且含量也很高，但是也称为稀有元素。所谓稀有元素，我们可以这样来理解，即它们大部分元素在地球上分佈比較分散，被用于工业上的时间一般來說比較晚。

稀有元素中的一部分元素是比較难溶于地下水中的，因此它们的含量在地下水中也很少。目前可用水化学方法来普查镍、钴、鋳、硼、鈾等等。普查稀有元素的水化学法大致和普查多金属矿床的水化学法相似，所不同的主要是化学分析方法、具体的調查方法和分析方法，目前还没有一套完整的經驗，故在本書內不加以詳細介紹。

## (三) 放射性元素

寻找放射性元素矿床也可有很多种方法，如在一般地質調查找矿时，直接在岩石中寻找的放射性方法，地球物理探矿方法、放射性水文地質法等，我們这里所介紹的是最后一种，即放射性水文地質法寻找放射性元素。放射性水文地質法可用来寻找鈾矿、作医疗用的放射性水和具有工业意义的其他放射性水。这种方法在地質和地球物理探矿法綜合調查



中得到了廣泛的運用。放射性水文地質法尋找放射性元素的優點是比其他許多方法調查得更深，也就是說地面以下很深的地方也能用放射性水文地質法進行研究。並且它還可以在岩石被很厚的疏松沉積物復蓋的地方和風化帶很發育的地方進行調查，而且可以得到很好的結果。

放射性水文地質法的實質在於根據圍岩中鈾礦礦物地段天然水和地下水中的放射性物質來研究。在放射性水文地質調查的最後解釋時必須考慮其他自然歷史因素，如鈾、氡、鐳等元素在岩石中本身含量就很高，以及古水文地質條件等。另外在利用其他個別放射性元素在水中的含量的資料來作為尋找鈾礦的標誌時，往往不能經常得到可靠的效果，因為氡、鐳、甚至鈾在水中的含量標誌常常不能反映這些元素在岩石中的含量，並且也不能對尋找鈾礦給予直接指示。所以在為普查鈾礦的目的，運用放射性元素在水中的含量資料時，必須對放射性水文地質普查鈾礦的標誌進行研究，同時也必須對放射性水文地質方法和調查結果的解釋進行研究。

野外放射性水文地質法的調查工作，根據地質、水文地質及地球物理探礦工作的程度不同，其調查的比例尺也不同，一般來說，專門性的放射性水文地質調查可分為下列幾種：路線普查，普查測繪，普查勘探和開采過程中的調查等。另外我們在地質和水文地質普查工作中，也可進行放射性水文地質的順便普查，進行這種普查時儀器及取樣方法等都不太複雜。

野外取樣工作主要是從泉水中、井水中、鑽孔中取樣，有時也可在小溪或水池內取樣。取樣的数量決定於化