

水文地質調查法

(增訂本)

奧柯洛—庫拉克著

地質出版社

水文地質調查法

(增訂本)

高村浩一 原田五郎

東京工學院

水文地質調查法

奧國地質學家 著

地質出版社

1956·北京

本書為蘇聯奧柯洛-庫拉克 (Е. И. Около-Кулак) 所著“工程地質學”(Инженерная геология)一書中的第十六章(Гидрогеологические исследования)。原書系蘇聯內河運輸部出版局1948年出版,經蘇聯內河運輸部教育局推薦可作為航運工程專科學校的教材。為了適應水文地質調查工作的需要,由本社在1953年將該章翻譯出版。後因該書在蘇聯已有1953年再版,著者在書中進行了不少修改,並增加了不少新的內容,加上本社需要再版本書,故根據原文1953年再版,我們又進行了校對和補充。

本書原由汪盛鐸翻譯,張培善校對。再版時由左全農再校和補充。

水文地質調查法

34,000字

著 者 奧 柯 洛 - 庫 拉 克

出 版 者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3號

北京市書刊出版業營業許可證公字第零伍零號

發 行 者 新 華 書 店

印 刷 者 地 質 印 刷 廠

北京廣安門內教子胡同甲32號

印數(京)12501-16510册 一九五三年十一月北京第一版

定價(10)0.30元

一九五四年十一月北京第二版

開本31"×43" / 32

一九五四年十一月第一次印刷

1¹¹/₁₆ 印張

一九五六年五月第二次印刷

目 錄

一、水文地質調查之任務	4
二、水文地質測量	5
三、詳細的水文地質調查	9
勘探工作.....	10
試驗工作.....	14
確定滲透係數的實驗室法.....	26
水質量的確定.....	29
物理性質.....	30
細菌分析.....	32
化學分析.....	33
天然水的評價.....	37
四、長期的水文地質調查及水文地質圖	43

一、水文地質調查之任務

在進行地質測量的同時，或最好是在地質測量完畢以後，應該提出關於水文地質調查亦即地下水的研究問題。水文地質調查的任務是各種各樣的，而任務本身決定着所進行的工作的性質。調查地下水必須查明以下幾點：（1）城市、村莊、工廠企業、鐵路運輸等給水的可能性，（2）無水地區的灌溉條件，（3）沼澤地區的排水可能性，（4）防止地下水流入隧道（*туннель*）、礦井和其他地下坑道的辦法，（5）防止喀斯特崩落和塌陷的辦法，（6）水從水庫向堰堤周圍流失的可能性，（7）地下水供給運河或從運河中漏失的可能性，（8）建築地區被地下水變成沼澤及地下室部分地遭受淹沒的可能性，（9）防止建築基礎的土壤過分濕潤的辦法，（10）混凝土及其他物質溶解的可能性。

以上所談的許多任務之所以和地下水有關，是因為這種液體礦物在任何一个國家的國民經濟的生活中有着非常重要的意義。地下水的特徵是：在一些情況下它是貴重的有益礦物，而在另外一些情況下它又是有害的因素；為了防止這些有害的因素，因而在技術上碰到很多困難，並且需要耗費很多資金。在前一種情況下，必須尋找地下水及調查地下水儲存的資源；而在後一種情況下，則必須採用一切辦法來防止地下水。為了正確地完成各種任務，必須知道地下水的產狀、動態、水源供給、數量和質量，亦即物理性質和化學性質。所有這些都是進行水文地質測量和專門水文地質調查時所研究的對象，而這些對於工程地質調查均是不可缺少的。

二、水文地質測量

所謂水文地質測量，乃是研究區域的水文地質情況。水文地質測量亦如地質測量一樣，可以採用不同的比例尺，其詳細程度也不相同。在着手水文地質測量之前，必須預先研究地質測量的結果。藉助於地質記錄、地質圖和剖面圖，可以確定出調查區內有什麼樣的岩石，以及其中那些可能是含水的。

調查位於當地侵蝕基準面以下的含水層，亦即低於非常深的河谷谷底的含水層，需要進行鑽探工作，此種調查往往是專門水文地質調查的對象。所有分佈在侵蝕基準面以上的含水層。不管怎樣，總是出現於地表的。因此，在找尋這些水時，地貌學，亦即決定地質構造的地形有着特別的意義。一個地區切割得愈厲害，則地下水面的天然露頭就愈多，進行測量的水文地質學者的任務也就愈簡單。在平原地區和冰川沉積分佈的地區，除了岩石成分極不固定以外，而且任務也很複雜。

假使在進行地質測量時是研究岩石所有的天然露頭和人工露頭，那麼在進行水文地質測量時則是調查地下水的露頭。地下水最主要的天然露頭乃是泉和斜坡上已成沼澤的地區，而人工露頭則有：水井、鑽孔、石坑、礦產的露天開採處以及採取砂、礫石、砂質黏土和其他建築材料的採石場。

泉不僅是地下水最可靠的天然露頭之一，而且常常作給水和灌溉等用。因此需要特別仔細地研究它，並且準確地繪於圖上，水文地質學者決不能錯過區域內任何一個泉。在

調查泉時必須查明供給泉水的含水層產在什麼岩石中、泉的湧水量——單位時間內的水量——和水的質量。

當岩層水平時，泉水將沿着含水層和墊着含水層的不透水層的接界並被河谷所切割的斜坡處流出來（圖 1 A）。沿廣闊的匯水地區相接連的河谷斜坡上，常常可發現泉。在這斜坡上泉的湧水量同樣是很大的。假使河谷沿着向斜褶皺軸

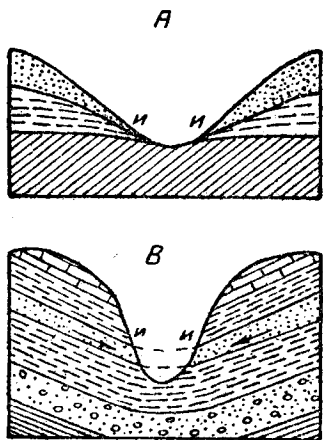


圖1. 泉

切割（圖 1 B），則泉露頭類似的情況同樣會發生。當岩層單斜時，泉僅沿着縱谷的一個斜坡流出（圖 2 A），而岩層背斜時則河谷中基岩內的泉便不可能形成（圖 2 B）。當具有斷層的錯動（如正斷層，水平斷層），同時又有裂隙時，則使得泉出露的情況更為複雜和多樣化。在火成岩和變質岩中，因為地下水僅聚積在裂隙裏，所以在這種情況下，應該沿着破裂地帶和破裂線去尋找。

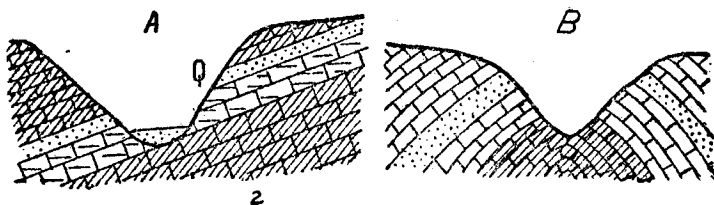


圖2. 泉出露的情況

A——單斜層； B——背斜層

疏松的第四紀沉積是最接近地表的地下水的蓄水池，冲積層和冰川形成的各种砂質沉積几乎經常含水，同时也可以說砂質砂坵的底部是聚積着地下水的。

尋找地下水最好沿着河谷進行，因为在这兒可以碰到基岩岩層中水的露头和發現冲積層中水的露头，这比在分水嶺处要快得多。同时，應該时刻注意地表流水、湖和沼澤，它們照例是与地下水有关的。在某些情況下，地表水供給地下水，而在另外一些情況下，地表水本身又靠地下水供給。例如：在洪水时期，水充滿了河谷中的冲積層，而在平水时期，河流又靠已聚集在冲積層內的地下水來供給。

在現在的干河谷冲積層內，常常有地下水流動，它們甚至可能是大的居民点給水的可靠泉源。

在底冰磧發育地区尋找地下水特別困难，因为它常常成厚層覆盖着基岩，以致使地下水很难被看到。同时这些下堆石本身的岩石成分極不固定，大体上是含有各种砂質透鏡体的粘土質岩石。因为在冰磧層中砂質沉積物的分布沒有任何規律，所以在冰川地形的廣闊的微波狀地区，發現含水砂層僅可能是偶然的現象。

在沙漠地区，降水量極少乃是这些区域缺少地下水的原由。这里几乎沒有地表水的滲透，因而缺乏地下水儲量的补充，而这种补充只有在中緯和北緯才不断發生。沙漠区域僅在岩層內可以發現地下水，这些岩層靠大量聚集雨水的地方得到供給，水沿着岩層逐漸流到沙漠区。当然，这种情形只有在含水層緩慢地向沙漠地区傾斜的时候才有可能。此外，沙漠中也可能發現封存地下水，亦就是在过去地質时期內就形成了的、而且一直保存到現在的地下水。

有關當地地質構造的資料和地下水的露頭，可以用來判斷該區域地下水的有無。此外，許多間接標誌也可以表明不深的地下水的情況：

(1) 變成沼澤的河谷陡坡，證明地下水在這裡經過掩蓋基岩的洪積層不斷發生滲透；在四周青草已經凋萎而又滿佈新的喜濕植物的地帶或個別區域也證實了這一點。

(2) 在平坦的草原地區，在地下水較接近於地表的地區，當涼爽的傍晚代替了夏天的熾熱白天以後，就有一些雲霧出現；該地在太陽下山後有大羣蚊子成羣飛翔。

(3) 候鳥經過沙漠區域所飛行的方向，可以用來尋找地下水的露頭。

(4) 在長有茂盛植物的沃地，可以找到地下水的露頭或不深的地下水。

(5) 因塌陷而變形的斜坡證明有地下水存在。

在居民點進行水文地質測量時，人工露頭有着特別的意義。調查這些區域的水井是獲得地下水資料的主要方法。在每個有代表性的井中，應測量水面距地面的深度，為此，當深度在 2.5——3 公尺以內時，可使用木製視距尺。較深時，則使用空氣槍，這是一個長 5 到 10 公分，直徑為 5 公分的金屬筒。筒的一端聳住或用牢固的木塞塞住，在木塞上裝着一個小鈎或環，環上繫有繩子。當投至井內水面時，空氣槍則發出一種特有的沉濁聲音，於是可根據繩的長度確定深度。

水哨是用作測量深度的一個較為完善的儀器。它是個高 30 公分，直徑為 3 公分的黃銅圓筒，上與鋼帶相連結。其外表每隔一公分處刻有環狀圓形小槽一個（圖3）。在圓筒的上

端有小孔和銲在筒上的水哨。當很快放入水中時，儀器會發出哨笛聲，為水所充滿的小槽表明圓筒下沉的深度。

此外，需要以質疑方式查明水井是否乾涸，或水在全年內於井中所保持的情況。

在調查水井或泉時，需要詳細描述水的物理性質，如：色、嗅、味、透明度和溫度。後者是用“遲緩”溫度計來確定，因為該種溫度計對周圍介質的溫度變化反應慢，所以可以十分準確地確定水的溫度，甚至在深井中也可。

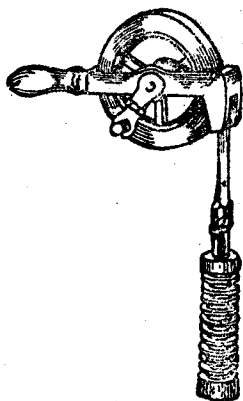


圖3. 水 哨

水文地質測量的資料是一種報告形式，是由筆記和繪有代表性的地下水露頭的水文地質略圖所組成。假使比例尺許可的話，那麼在圖上可標出主要含水層的分佈來。

三、詳細的水文地質調查

在大區域的地質測量和水文地質測量進行完畢以後，應當區分出值得進一步詳細調查的地區來。詳細的水文地質調查同樣要在建築場地進行，在這裡這種調查任務不僅要查明給水的條件，而且還要追求真正的工程目的。在這種情況之下，詳細的水文地質調查乃是普通綜合性的工程地質調查的一部分。

當進行詳細的水文地質調查時，野外工作中分為：勘探

工作、試驗工作以及長期觀測。除此而外，还应進行水的物理和化學性質的一系列實驗室研究。其中比較簡單的研究是在野外實驗室中進行；而比較複雜的研究和檢驗確定，应以相當於研究院的固定實驗室來實行。

勘探工作 勘探工作的任務是查明地下水的產狀，其精確度需足以用來正確地設計試驗工作。根據含水層埋藏的深度及岩石成分的不同，勘探地下水的工作，是以井探或鑽探來進行。井探工作與地質測量時和勘探礦產時所執行的井探工作完全相同，而鑽探工作也具有特殊的性質。

鑽探地下水決不能引用直徑小於75公厘的鑽孔，因為在小直徑的鑽孔中，水的靜止水位將顯然地不同於地下水的真正水位，此外，也難於獲得好的土壤樣品。假使打算利用鑽孔在以後作試驗工作或者作為管狀水井用的話，則鑽孔直徑應不小於150—200公厘。否則，鑽孔內部將不能放下從鑽孔深處抽水用的專門鑽杆式活塞水泵。直徑小時安裝空氣泵—氣壓升水機（эрлифт），同樣也是不可能的。

不用水沖洗鑽孔的旋轉式鑽探是鑽探地下水最好的方法。它可以獲取好的岩石樣品，免去遺漏薄含水層的可能性。因此，鑽探一般位置不深的潛水，照例採用手搖沖擊旋轉的方法進行。

深鑽孔的不帶沖洪的岩心鑽探需要時常上升鑽具，同時又比較困難，因此使得鑽進很慢，並且耗費金錢很多。所以在估計到現有的地質剖面資料時，在不可能碰到含水層的岩層中，鑽進應帶沖洗，而在含水層中則進行干鑽。此外，還須注意，用帶沖洗的鑽通過無壓和自流的厚的層間含水層時沒有重大的危險。發現這樣的層之後，應立刻確定含水層與

壓入鑽孔的水之間的流體靜壓力的函數。當鑽孔中的水停止流出時，其水位維持到含水層受壓面的高度。假如水的受壓面高於地表，則鑽孔內的水會向外噴出。

帶沖洗的鑽探的另一個優點是藉助於它能很容易地確定吸水性岩層，因為壓入鑽孔中的水到吸水性岩層時會部分地或全部地消失掉。

假使不必在精確的地質剖面中鑽探地下水，那麼最好用衝擊的方法。當地質剖面 and 含水層已為勘探工作所精確確定的時候，衝擊鑽往往專門用來鑽進開探的鑽孔。

當鑽探地下水時，其中一個極重要的要求是必須調查每一個與其他含水層無關的含水層；而這祇有在隔開所有覆蓋層時才有可能。因此，在穿過含水層和取樣之後，應將含水層隔開，同時，用黏土塞住鑽孔，隨後用套管加固，或在含水層面用水泥黏合鑽孔。假使含水層下部為可塑性黏土不透水層，那麼同樣可用壓入套管的方法隔離含水層。隨後以小直徑的鑽頭繼續鑽進已固定的鑽孔。

專門的工作人員應精確編錄鑽探地下水的情況，及選定岩石樣品、水的試樣，並且說明鑽探過程中所有的特徵，這些特徵均能說明所通過的岩石的含水性。當鑽探帶沖洗時，觀察鑽孔中所排出的水的數量，有其特殊的意義。鑽探地下水所獲得的資料可繪成柱狀剖面圖（圖4），同時以已選擇好的垂直比例尺繪上全部穿過的岩層，並附上它的簡短說明。所有含水層同樣也以圖表方式記載，而受壓面的高度用垂直箭頭表示（圖4）。假使含水層的湧水量已進行過確定，則對於價值極大的地層，這些資料應記在柱狀剖面圖上。此外，還必須記載水的物理性質及化學分析的結果。根據上面

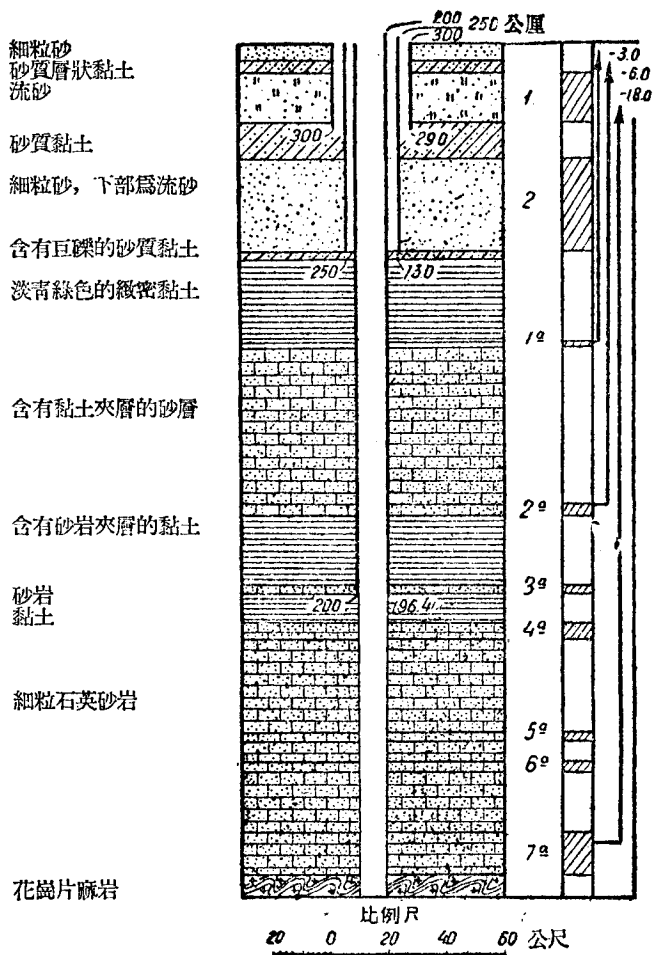


圖4. 鑽探地下水的鑽孔柱狀剖面圖

所有的資料，作成鑽孔技術剖面圖，亦即繪出柱狀剖面圖及加固的深度（圖4）。

掘進許多探井或鑽孔時，需要確定含水層距地表的深度、厚度及其在水平方向的分佈情況。

地下水的流向可藉助三個鑽孔來確定。爲了達到這個目的，所選擇的鑽孔不應佈置在一直線上，而應在三角形ABC的頂點（圖5）。鑽孔口以水準測量測定之，並測量每個鑽孔距水的深度。假使鑽孔A、B和C的標高分別爲74公尺、78公尺和72公尺，而距水面的深度爲16公尺、17公尺和16公尺，則鑽孔的水所處的標高將是：鑽孔A = $74 - 16 = 58$ ，鑽孔B = $78 - 17 = 61$ ，鑽孔C = $72 - 16 = 56$ 。

把其中最高的和最低的地下水面的兩點間的距離分爲若干等份，等份的數目等於兩點間的水位之差。在該情況下，鑽孔B和C之間的距離應分爲5等份（圖5）。如果含水層的水面是均勻下降的，則得到諸點點內地下水面

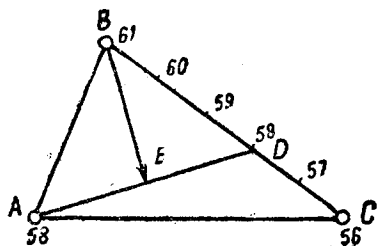


圖5. 用三井法測定流向
(比例尺1:10,000)

的標高將是57公尺、58公尺、59公尺和60公尺。假使鑽孔A與水面標高一致的點相連結，則線AD（圖5）是58公尺同一高度的點的位置，亦即是含水層面的等高線。因此，由點B到線AD所降下的垂線BE即是地下水的流向。

水流面的坡度可同時確定之。爲此，可根據平面圖上P、E兩點的距離，去掉B點超過E點的水位數值，即是：

$$i = -\frac{61-58}{240} = 0.0125$$

採用地球物理方法進行勘探地下水現正日漸增多。

試驗工作 試驗工作的任務是以直接觀察的方法獲取表示含水層的數字材料。其中最主要的是：地下水流動的速度、水井的湧水量和含水岩層的滲透係數。

確定地下水的流速是藉助於指示劑直接進行測量，所用的指示劑有染料或食鹽溶液。當地下水的流向用三個鑽孔法確定後，沿着BE線的方向（圖5）佈置一個或兩個輔助鑽孔。這些鑽孔佈置在三角形的裡面，其與鑽孔B及彼此間的距離為5—50公尺。對於粗粒易滲透的岩石，距離要大，而對細粒的岩石則距離要小。根據水的流向，於上游的鑽孔中扔下指示劑，其在下游的鑽孔中即可察覺出。指示劑由投入鑽孔通到觀測孔所須的時間除距離，即得出地下水的流速來。

所應用的指示劑必須易溶於水，不分解，由一個鑽孔通到另一個鑽孔時具有抵抗褪色的能力，也不為岩石所吸收，並且在極微少的數量下也易認識。此外，指示劑對於人和動物應該是沒有毒，並且居民用視覺、味覺和嗅覺也很少能感覺到，這樣為的是不引起居民責難。再者，指示劑不應該價錢太貴。最適合於這些條件的是食鹽，而在染色物質中比較適合的計有：洋紅、螢光紅、納螢光紅（урапин）等。

在18° C 時，100立方公分水中溶食鹽達39克。這樣，製造百分之十到二十的溶液是不費力的，也就是說在一桶水中可溶解1—3公斤食鹽。灌入鑽孔的溶液須盡可能濃些，因為需要避免灌入大量的液體。否則，就會使得試驗鑽孔中的

水位顯著地升高，以致水流梯度增加，並使水的流速增大。這種情況在鑽孔直徑小及含水層岩石滲透能力低的情況下尤應注意。例如，灌一桶食鹽溶液入75公厘直徑的鑽孔時，鑽孔水位可能升高到2.5公尺以上。在鑽井（буровой колодезь）中進行試驗時，須用食鹽2—4公斤，而在礦井（шахтный колодезь）進行試驗時，食鹽的數量則須增至10公斤或更多些。

由於岩石不完全一樣，水的流速在土壤的所有小孔中也就不如所理想的那樣均勻。這也就說明，為什麼在觀測孔中起初出現的水是帶有最少量的食鹽溶液，後來溶液濃度則逐漸增加，達到最大限度時，又開始減少，一直減少到無法測量的時候為止。在具有裂隙的岩石中，常常可看到兩個或兩個以上的最高點，這些點是符合溶液沿着最易通行的道路而流動的。

由倒入溶液的瞬時至觀測孔出現溶液所需的時間，除兩鑽孔間的距離，即得出最大的流速，到獲得最大濃度試樣的時間除鑽孔間的距離，就得出中等流速，到溶液痕跡消失的時間除鑽孔間的距離則得出最小的流速。為了計算水力工程建築下面的沖刷速度（вымывающая скорость），要慎重獲取水的最大流速。觀測孔中間的試樣是經過相等的時間間隔獲取的。顯然，樣品的選擇，時間間隔愈小，則觀測的結果愈準確。

用染料來確定地下水流速的方法，基本上和使用食鹽來確定地下水流速的方法一樣。在溶液濃度極小的時候，可用染料來確定，使用這個方法比起食鹽溶液法來要靈活而方便得多。水樣中的染料濃度是根據它的染色程度來確定的。