

現代工程小叢書

鑿井工程

郭道中著



商務印書館

前 言

鑿井工程是汲取地下財富的一種技術；如水井、石油井、鹽井、煤氣井、石膏井及各種礦井等，都是鑿井工程的對象。本書所述是專指水井而言。地下水是“取之不盡，用之不竭”的財富，但地上用水，如農田灌溉、工業用水、都市用水等，隨着新中國經濟建設突飛猛進的需要，就感覺到供不應求，所以目前鑿井工程是有一定的重要性。

鑿井工程有人工鑿井法及機器鑿井法兩種，人工鑿井法只限於淺井，爲了能汲取豐富優良的深源，就必須提倡機器鑿井。本書編述分鑿井地質、鑿井機器、鑿井方法三章，內容是參考一部分理論書籍，並結合鑿井工人的經驗，以切合實際應用爲原則。編者經驗不多，難免有不當的地方，希讀者同志多加指正。

一九五二年郭道中於塘沽新港

目 錄

前 言

第一章 鑿井地質..... 1

第一節 概說..... 1

第二節 蓄水岩層..... 5

第三節 地下水..... 9

第四節 岩石..... 18

第二章 鑿井機器..... 20

第一節 鑿井機器的類別..... 20

第二節 搗鑿式鑿井機..... 25

第三節 旋轉式鑿井機..... 37

第三章 鑿井方法..... 56

第一節 概說..... 56

第二節 竹弓法與鐵錐法..... 60

第三節 搗鑿式鑿井方法..... 63

第四節 旋轉式鑿井方法..... 66

第五節 按裝井筒及試水..... 76

第六節 汲水與儲水..... 82

鑿井工程

第一章 鑿井地質

第一節 概 說

一 井和地質的關係

(一)井——爲了汲取地下水，在地面岩層上所鑿的洞，就叫作井。井的深淺是沒有一定的。一般說，在一百呎以內的叫作淺井，在一百呎以上的叫作深井，深井有達數千呎的，它穿越地層的深度，就很可觀了，它經過泥層、沙層及各種不同的岩石層才達到它需要的地下水蓄水層，所以在鑿井工程裏，必需了解地質的情況，才能在選擇鑿井位置和鑿井施工中，收到事半功倍的效果。圖1是說明在北京、天津、南京一帶的鑿井地層，在這些圖上，我們能體會到井和地質的密切關係。

(二)蓄水層——地質所分的岩層很多，如黏土層、沙礫層、沙岩層、礫岩層、石灰岩層等，因爲它們組織的性質不同，蓄水量也就不相同。凡是鬆散的地層，既能透水，也就可以蓄水，如沙、礫、沙岩、礫岩等；凡是緊密地層，既不能透水，也不能蓄水，但是

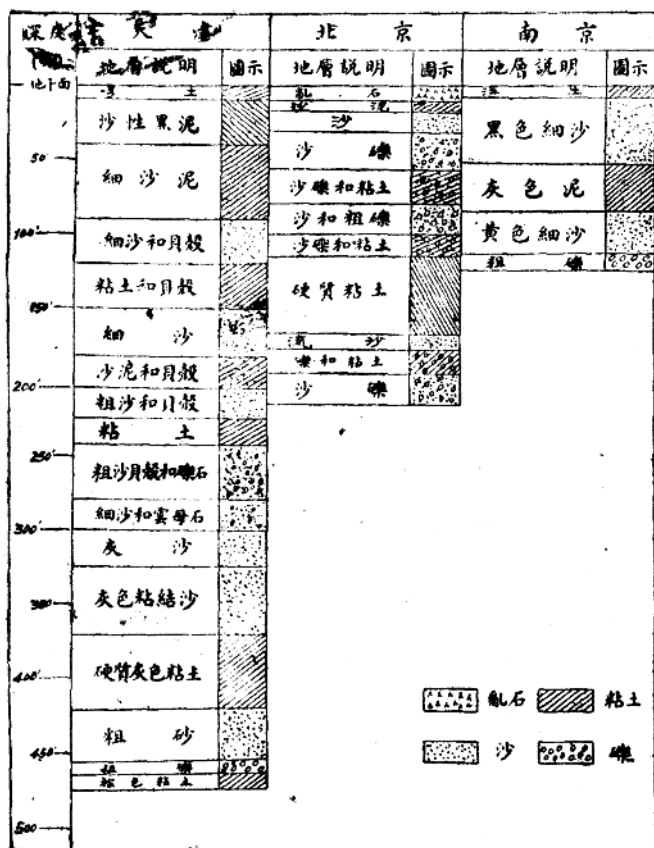


圖 1 北京、天津、南京各地鑿井地層。

可作為蓄水的保護層，如粘土、頁岩等；所以鑿井必須達到深的蓄水層才可以得到良好的泉源並能汲取大量的地下水。

二 井、泉和地下水的關係

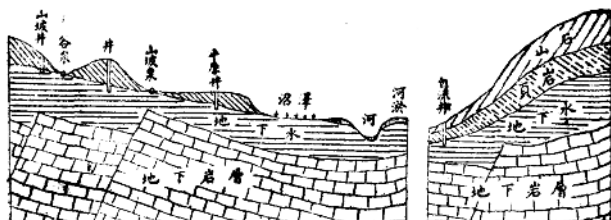


圖2 井、泉和地下水的關係。

(一)地下水——雨雪降於地面，再滲漏至地下而儲存或潛流於地下的水，就叫做地下水。

(二)泉——地下水與地面接近，地下水就能够自然的從地內湧出，這就叫作泉。

(三)沼澤地——就是地下水和地面最接近，並形似相合的地帶。

(四)自流井——在地下水接近地面處鑿井，有時地下水因潛水面的壓力，自行由井內湧出，就叫作自流井。

(五)井——鑿井至地下水層，再用人力或機器把水汲出，就是普通所說的井。

三 鑿井選擇地方的研究

(一)重要性——鑿井工程開始以前，須先選擇適宜的地點，其目的有三：1. 水源須豐富，2. 水質須良好，3. 施工要經濟。所以選擇鑿井地點是第一步最重要的工作，往往在距離很近的區域，甲處很容易就鑿井得到良好的泉源，乙處就可能鑿到數百尺而

尚無所獲，在山岳地帶尤其如此；又往往在某一深度已見良好泉源，如再深數丈或竟有自流水湧出，免除了汲水的麻煩，那麼鑿井選地就應加以研究，須先明瞭地質關係，再定掘鑿的地點和方法。

(二)研究的方法：

1. 參考以往的地質調查資料——已往地質學家或鑿井學家都有地質的鑽探調查資料，如圖表或報告等，如打算在那處鑿井，就可參考那處的地質調查資料，研究蓄水岩層的良好地帶，以便選擇適宜的鑿井地點。

2. 調查該處已往鑿井的經驗——可向鑿井工人打聽該處的地質如何、水質如何、鑿井的深淺及施工的難易，以作參考。

3. 觀察地面植物及昆蟲的生長狀態——植物生長茂盛和昆蟲密集的地方，鑿井就容易得到良泉，如無植物生長也無昆蟲的地方，鑿井可能困難些，尤其在山岳地帶或沙漠地帶那就更顯着困難了。

4. 觀察地面的形勢——在丘嶺或山岳地帶鑿井，應選擇坡度低下的地方，因容易接近地下水層。

5. 觀測地面上排水的情形——根據地面上排水的快慢，就能觀察地質的鬆散或緊密，鬆散地質容易存水，也就易於鑿井，緊密的地質正相反。

6. 分析該處河流的關係和雨量的多少——凡是靠着河流的地方就容易鑿井，雨量多的地方，也容易有水源。

7. 調查地面泉水的有無——地面上如有泉水，再參考地面的形勢，可以測得地下水的狀態。

8. 考查該處是否有古湖或舊河床——古湖或舊河床的淤積層是地下水極好的聚集處，如鑿井時能利用這種地帶，那就能得到極湧的泉水。

第二節 蓄水岩層

一 構成的原因

(一) 透水層——如砂、礫、沙岩、礫岩、石灰岩等，都是透水層，因為它的組織鬆散，孔隙較大，所以容易透水。

(二) 不透水層——如黏土、頁岩、花崗岩、片岩等，都是不透水層，因為它的組織緊密，孔隙極少，所以不容易透水。

(三) 蓄水層——如果透水層夾在不透水層的中間，這樣可使地下水得到了保存，就叫作蓄水層，至於蓄水量的多少，要看地層的密度如何，也就是要看孔隙的大小來決定。

二 各岩層的性質

(一) 沙礫層——細的叫作沙（直徑 0.5 公厘——1 公厘），粗的叫作礫（直徑 1 公厘——75 公厘），都是岩石破碎的產物，性質非常鬆散，孔隙的比例約為全體的百分之三十，所以容水量極大，如鑿井達到這種地層，就可得到非常旺盛的泉源，水質也多為良好；細沙層下所蓄存的水，因為濾水能力較大，一般都極清潔；粗礫層下的水，因為孔隙大，水流也速，濾水力小，清度就稍

差一些。又沙礫層滲水速度較快，影響潛水面的變化也就很大，大半在雨期的時候潛水面高，在早期的時候潛水面低，但是較深的井影響就很少了。

(二)砂岩層——這種岩層是沙礫粘結的產物，沙粒的精細各地都不相同，也有像頁岩一般精細的，也有像礫岩一般粗糙的，它的成分以石英為多，長石、雲母、石榴石、磁鐵石較少，砂石的色澤往往看它的黏結物來決定，如黏結物是氧化砂或碳酸鈣，色澤多是暗灰淺黃色，如黏結物是氧化鐵，色澤多是赤棕色。砂岩層是蓄水的良好岩層，蓄水量大，出水也容易，水質也優良，只是比沙礫層稍差些。

(三)混合礫石層——此層是由黏土、沙礫和圓石混合成的，組織的粗細要看沙礫和黏土混合的多少來決定，一般說組織細的水源薄少，組織粗的水源豐富。這種地層如接近地面，稍一掘鑿就可以得到水源，但是最好是封固上面的水源，再深鑿為宜。這種地層，因有黏土過濾，所以水也相當清潔。

(四)礫岩層——組織是比較粗糙，是由各種圓石黏結成的；小的像穀粒，大的像卵像盤，都是隨着河流磨蕩的產物，性質很堅硬，黏結物多是砂、鈣、鐵的化合物；礫岩層的蓄水量也很大。

(五)石灰岩層——化學成分是碳酸鈣，也略含有鎂、砂、鐵等雜質，質純的顏色發白，質雜的顏色發暗。因為石灰岩容易溶解，所以它蓄水多在洞隙的裏面，一般是地面的水，遵循着“節理”或裂縫的地方滲入到裏面，因為溶解作用就成了穴洞，水就

可蓄藏在這穴洞裏，但這種穴洞的位置是不定的，所以在這種地層鑿井，也許離着很近的距離，這個井有水，那個井就可能無水。石灰岩層的水，因含有灰質，故水硬。再者，由縫隙滲入的水，水質也不潔，因為未經過濾的機會，在山地鑿井往往遇到這種地層。

(六)黏土層——黏土是極細的泥沙(0.0001—至0.05公厘)，它的顏色有灰、黃、紅、棕、紫、綠、黑各種，它的組織軟的像泥濘，硬的像岩石；它的成分多是含有矽、鉛、鐵、鈣、鎂的氧化質，矽鉛所佔成分最大。純粹的黏土層組織緊密，不容易透水，也不能存水，如果它的中間夾着沙層，就可為良好的蓄水保護層。

(七)頁岩層——是淤泥黏土的密結層，它的組織多半是積疊的薄片，它的顏色由淺黃到暗黑，質又軟又脆，容易穿鑿，頁岩不能蓄水，但是能防制蓄水的滲漏，所以是絕好的保護層；但有時頁岩層中的隙洞內，也可以出水。

(八)石英岩層——石英岩是砂岩的變質岩，它的孔隙已充滿了堅硬的矽質，所以不能滲水也不能蓄水。

(九)花崗岩層——是粒狀的岩石，有灰、褐、粉紅等顏色，它含的主要礦物，是長石、石英和雲母等，組織極為堅密，所以容水量極少。它的變質岩是片麻岩或片岩，上面有條紋，這種岩層只能在節理的空隙處，可希望得到蓄水。

三 水層的選擇

(一)鑿井地層登記——自鑿井開始就把井內排出的地質加以

沖洗保存，按照地層的情形，鑿井進度一呎或二呎即採取實樣一次，分別存儲登記，以作選擇水層的根據。採取的方法是用白鐵斗一個，置於井內水溝附近，井內鑿碎的地質，由水帶出或由抽泥筒帶出，流入鐵斗一部份，按照鑿具鑿下的進度，視察鐵斗內沉澱質的種類，如地質每層厚度在十數呎以上者，其每呎的沉澱質就無何變化，這種情形，每進五呎一記便可。每次登記，關於井的深度、地質的種類、品質的粗細和顏色，必須記載確實詳細，因水層的選擇及井筒的安裝都依靠這個登記資料。

(二)選擇的重點

1. 分別蓄水層與不蓄水層——通常以沙礫為蓄水層，泥、石為不蓄水層，必須鑿井到蓄水層時，再行選擇水層的取捨，有時細沙如泥，或粗泥如沙，應詳細視察分別，不要朦混。

2. 深水層與淺水層——普通以採取深水層為原則，因為深水層的過濾層厚並且距地面遠，水質一般是純潔的，並因接近地下水的主流，水源豐富；淺水層因距地面近，一般的情況，水質是不够純潔，水源也比較不够豐富。普通地層是一百呎以內的井水不取，但在特殊情況，如地下石質較厚，或急於求水，或為節省井管等原因，亦可利用淺水層供水。

3. 厚水層與薄水層——蓄水地層越厚，蓄水量越多，相反的，蓄水層薄，水就少，所以要選擇厚水層供水，有時採取兩層蓄水層供水，水量就更為豐富。

4. 沙礫層——這種地層含水量最多，沙礫越粗的，蓄水量越

多，沙質細，沙色淡的，水質純潔。

5. 泥沙層——是泥沙混合的地層，蓄水量的多少是和含沙成分的多少成正比。

第三節 地下水

一 來源——雨雪降在地面上，除去一部分流行，蒸發，或被植物所吸收外，其餘大部分約百分之八十都滲漏到地內，一直到鬆散的岩層，並存儲在岩石的中間，並能在地層中潛流，這種地下蓄藏的水就叫作地下水。一切泉、井、湖澤的水源就靠地下水。

二 數量——地下水水層雖然有限制，但是存水量是極多，實在是“取之不盡，用之不竭”的。據專家估計：

(一)一八六〇年海利斯氏說：地下水可以淹沒地球的表面約至七千五百呎深。

(二)一九〇二年司利赫氏說：只能淹沒地球表面約三千呎深。

(三)一九〇四年禪薩二氏說：可以淹沒地球表面約一千呎深。

(四)一九〇六年富勒氏說：可以淹沒地球表面約一百呎深，約合各大海洋河流總數百分之一。

三 流速——地下水的流速和水坡、水溫、密度都有直接的關係，流速和地下水力坡度的大小成正比例，流速和地下水溫度的強弱成正比例，流速和岩層的密度成反比例。普通地下水流的速度是每晝夜五呎至十呎，粗大沙礫中的水流速度可到每晝夜九十呎不等。流速測驗的方法如下：

(一)染色測驗法——就是在測驗的水源放進色素(螢光黃和洋紅等),然後在測驗目的地觀察,可以測得流速。

(二)食鹽溶解測驗法——就是在測驗的水源放進食鹽,溶解後隨潛水流動,然後再在測驗目的地測驗含鹽份的水源,這個方法不適宜較遠的地方。

(三)電解溶液測驗法——應作相當數量的測驗井,由中心井放下電解質,利用電解設備觀察地下水的流速。

四 性質

(一)溫度——普通地下水的溫度,是華氏五十五度到華氏七十五度。

(二)成分——普通地下水都有兩種雜質:

1. 浮懸質——如黏土、腐葉、和微菌等。

2. 溶解質——流經長石層,含鹼質。流經石灰石層,含鈣鎂化合物。流經堅石層或黏土層,含氧化鐵和鋁矽化合物。

(三)色味——因為含有雜質,所以有色味,如含鈣、鎂、矽及氧化鐵等化合物過多,就味澀;如含硫質,味就臭惡。

五 潛水面的升降——地下水的水面就叫潛水面,常常因為外界影響使潛水面升降:

(一)雨量——雨量多時,因為大量水滲入地下,潛水面上升;雨量少時,滲入地內的水量減少,並因植物根毛的吸收等原因,潛水面下降。

(二)洪水——臨近河岸兩旁的潛水,在洪水期間,因洪水的滲

入，潛水面可上升。

(三)潮汐——近海的地帶，上潮時，潛水面上升；落潮時，潛水面下降，和潮汐成同一步調。

(四)氣壓——當氣壓低時，潛水面可上升；氣壓高時，潛水面可下降。

(五)汲水——大量自井中汲水，可使井周圍的潛水面下降，又如礦坑中的抽水，也可使附近的潛水面下降。

六 自流井

(一)成因——自流井就是鑿井鑿到地下水層，依靠水壓力，不用吸水設備，自然由井內流出的水，它的成因，要有以下三個條件(圖3)：

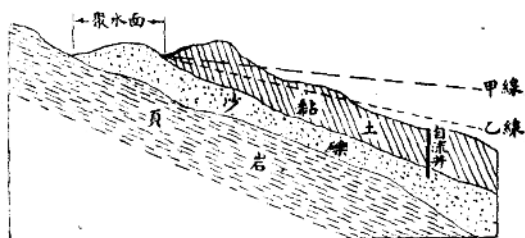


圖3 自流井的構成。

甲線——無阻力及滲漏時井水上湧的水平線。

乙線——實際的井流水平線。

1. 適當的水源——水源要豐富，就是要有良好的聚水面來吸收充足的雨量，再由鬆質地層，潛流到鑿井地點。

2. 良好的蓄水層——必須有堅密的岩層保護並疏導地下水

流，不使有滲漏情形，好像一個導水管的構造。

3. 相當的自然水頭——水源處的地下水面距自流井的井口要有相當的高度，這樣可使井內的水受到相當的位壓，即自然水頭壓力，足能把地下水自行壓出地面。

(二)用途——平常的井多感覺汲水設備的麻煩，無論用人力或機器，都須要一定的成本和經常費用；但是自流井就無以上的麻煩，祇要鑿井完畢後，就可任它自行流出井口，是非常經濟的，尤其在乾旱的地帶，利用它來灌溉，功效更大；如當飲水用，因為它經過良好的保護層，所以也很純潔適口；但是主要用途，還是利用在農田灌溉上最為合算。如北京西郊清華大學附近，約鑿一百二十呎，都能有自流井產生，水質也很良好。

七 泉

(一)成因——泉就是外出於地面的地下水，不用鑿井和汲水而自然流出地外。由洞穴滾滾出水者叫作湧泉，無洞穴而有水浸出者叫作浸泉。

(二)利用——利用泉作灌溉用是最經濟的。

1. 開源——把泉源闢大或把泉源鑽到主流，可以得到大量的泉水利用。

2. 聚流——掘渠或開蓄水池來聚集泉水，或疏導到遠的地方，以興水利。

第四節 岩 石

岩石的構造和硬度對於鑿井工程有一定的關係，現就岩石的類別、岩石的風化和岩石所含的重要礦物分別論述如下：

一 岩石的類別——凡是組織地殼材料的一部分就叫做岩石。岩石包括鬆散石塊：如砂、礫、礫岩、泥土或火山灰渣等；並包括立體石塊：如石炭、花崗石、砂岩、石灰岩等。岩石的分類根據產生原因區別，可分為火成岩、水成岩和變質岩三種：

(一)火成岩——是由於高熱的岩漿或火山噴出的熔岩慢慢冷卻收斂而成為結晶或非結晶的固體岩石。

1. 組織——粒狀，有平均的和不均勻的區別。

2. 構造——有等質形或條帶形。

3. 成分：

(1)酸性岩：含氧化矽較多，如花崗岩、斑晶石英、細粒長英岩、浮石、正長岩等。

(2)基性岩：含鈣、鎂、鐵等鹽基性元素較多，如輝長岩、玄武岩等。

(3)中性岩：是酸性和基性的中間性，如石英二長岩、安山岩等。

(4)超鹽基性岩：無矽質，含鐵質礦物較多，如綠橄欖石、蛇紋石、輝石等。

(二)水成岩——也叫成層岩，是復成岩石，是由火成岩變成。

或由動植物遺物組成；組成水成岩的材料沉積於水下或地面，都是由已成的岩石或動植物遺物分解而成；至於移動這些材料的動力，是流水、風力或冰河。

1. 分類：

(1) 機械沉積岩。

水沉積物——如礫岩、砂岩、頁岩、泥土等。

風沉積物——如黃土、砂丘、沙漠等。

(2) 化學沉澱岩——如石膏、岩鹽、硅石、石灰岩、鐵礦、煤等。

2. 性質——水成岩的疏鬆物質可借膠結物結成堅實的岩石，普通膠結物如氧化矽（灰白色）、碳酸鈣（灰白）、氧化鐵（黃、紅、褐色）或黏泥等，但膠結的密緻遠不如火成岩，水成岩的構造大半為層狀，並形近水平。

3. 成分——組成水成岩的普通礦物：有石英、高嶺土、長石、雲母、氧化鐵等。

(三) 變質岩——是由火成岩或水成岩經過物理或化學的變化而產生的。變質的原動力為：

1. 地殼的運動和壓力。

2. 液體和氣體。

3. 熱力。

許多變質岩當受變時，所含的礦物重行結合，故時常發現巨晶礦物。