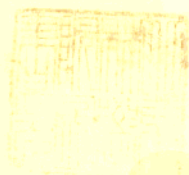


# 鑿井工程

葛蔭萱編著



中華書局出版

## 序

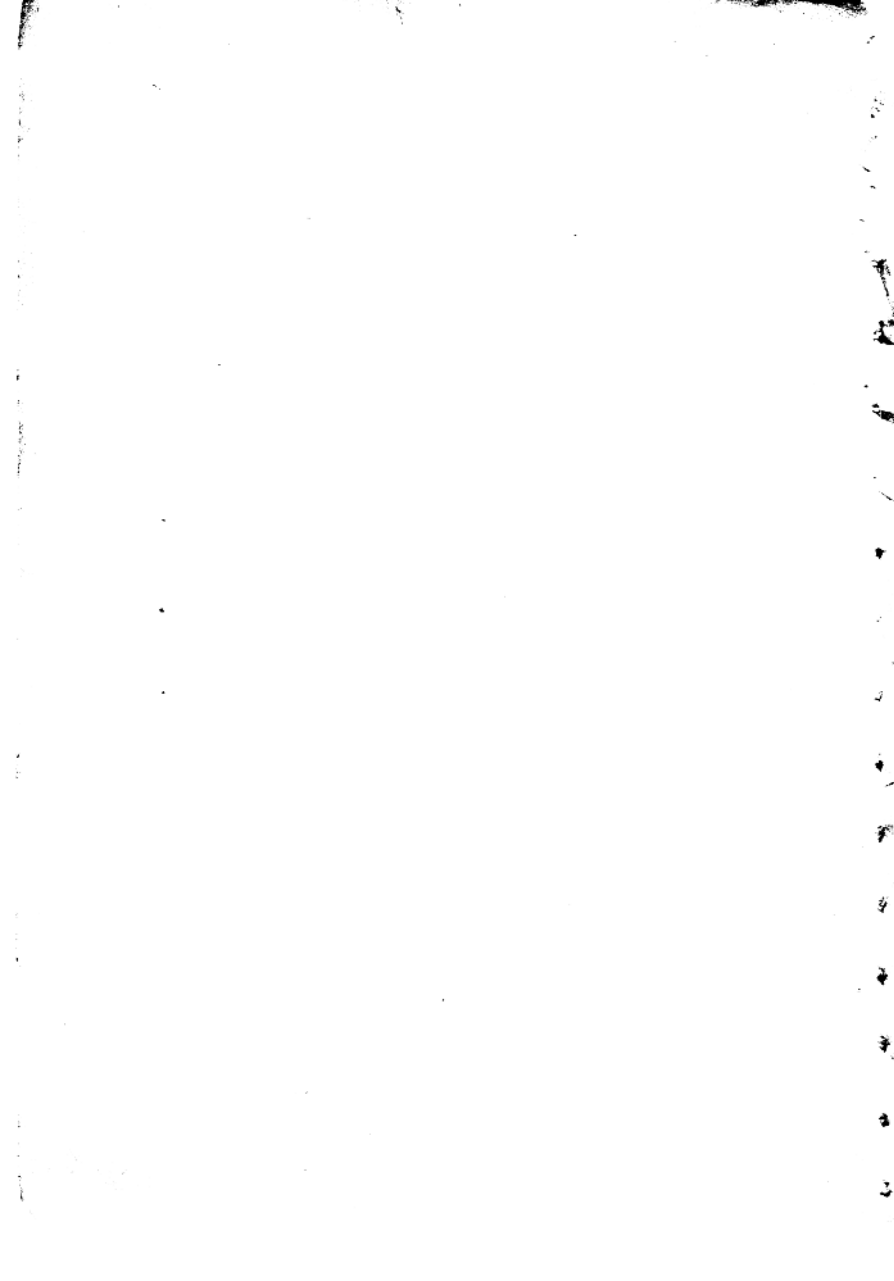
在我國農業地區，——尤其是北方，地屬乾旱，——灌溉是增產上必要的手段。灌溉的水源一為地上水，一為地下水。地上水是河川湖沼，如無地上水可取，即應着重於地下水源的開發。取用地下水源，有掘鑿深淺水井、湧泉、自流井以及攔止河川伏流水等方法。此種有關資料，散見在各種水利書籍中，迄今尚少專著。數年前，著者開始研究地下水利，並在北大農學院、土木工程專科學校、鑿井訓練班以及農業大學等處教授有關此類的課程。近年來國內百廢待興，利用地下水掘鑿水井、湧泉、自流井等，早已定為國家建設計劃之一。全國幅員廣大，不能一概而論，其中以華北、西北、東北各地，需要水井更為迫切。若干省區已經自行設立長短期鑿井訓練班，專門訓練此項技術人才。並有數處採用著者昔日所編鑿井工程一書作為課本，復由各地行政部門與學者，時常來函催促複印。茲為接受各方要求起見，不揣冒昧，整理舊著，復配以目前實際資料改訂出版。承蒙專家們及機關團體提供寶貴意見與資料，並予以熱烈的援助，得使本書早日與讀者相見，著者在此謹致謝意。

今後需要繼續研究合理解決的問題尚多，例如怎樣應用現有資料，附以各種新式地下探查方法，以探測全國重要地區的地下水，並以開鑿農業水井的經驗，去協助掘鑿交通及工業用的水源水井；怎樣改進掘鑿技術；怎樣利用地下水與妥善管理計劃灌溉等，願與各地研究者時常交換意見，積極研究，以期成功。

本書忽忽出版，錯漏必多，尚望各方先進隨時指教，以便逐漸改善。

葛蔭荳識於北京

1953年春季



# 目 錄

|        |   |
|--------|---|
| 序..... | 1 |
|--------|---|

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 第一章 鑿井的必要性和鑿井事業的沿革..... | 9—19 |
|-------------------------|------|

|                     |   |
|---------------------|---|
| 第一節 我國灌溉鑿井的必要性..... | 9 |
|---------------------|---|

|                  |   |
|------------------|---|
| 一、天災和旱災的嚴重性..... | 9 |
|------------------|---|

|                |   |
|----------------|---|
| 二、旱災和氣象要素..... | 9 |
|----------------|---|

|                 |    |
|-----------------|----|
| 三、北方土壤的特殊性..... | 11 |
|-----------------|----|

|                 |    |
|-----------------|----|
| 四、華北土地利用概況..... | 12 |
|-----------------|----|

|                 |    |
|-----------------|----|
| 五、灌溉鑿井的必要性..... | 13 |
|-----------------|----|

|                  |    |
|------------------|----|
| 第二節 鑿井事業的沿革..... | 13 |
|------------------|----|

|                  |    |
|------------------|----|
| 一、我國鑿井事業的沿革..... | 13 |
|------------------|----|

|                  |    |
|------------------|----|
| 二、國外鑿井事業的沿革..... | 16 |
|------------------|----|

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第三節 我國地下水鑿井事業今後的問題與展望..... | 17 |
|----------------------------|----|

|                   |       |
|-------------------|-------|
| 第二章 地下水與鑿井工程..... | 20—71 |
|-------------------|-------|

|                |    |
|----------------|----|
| 第一節 地下水概述..... | 20 |
|----------------|----|

|               |    |
|---------------|----|
| 一、地下水的性質..... | 20 |
|---------------|----|

|               |    |
|---------------|----|
| 二、地下水的水理..... | 22 |
|---------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| 第二節 地質環境與地下水的存在..... | 27 |
|----------------------|----|

|             |    |
|-------------|----|
| 一、地質關係..... | 27 |
|-------------|----|

|                     |    |
|---------------------|----|
| 二、地勢、地形及地下水的存在..... | 33 |
|---------------------|----|

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| 三、地下水的水平與垂直的分佈        | 34     |
| 第三節 鑿井水量計算方法          | 36     |
| 一、華北舊式磚井或圓筒淺井管井的水量測定法 | 36     |
| 二、深井水量公式              | 38     |
| 三、河川地下伏流水的理論          | 42     |
| 四、各種水井揚水量計算法          | 47     |
| 第四節 地下水的探查和井位的選定      | 52     |
| 一、地下水與地表水的關係          | 52     |
| 二、地下水與地上乾濕現象的關係       | 54     |
| 三、鑿井地點的水源推測法          | 55     |
| 四、物理探查法               | 57     |
| 五、掘鑿探查法               | 62     |
| 六 搜集國內地質圖、地層圖         | 62     |
| 第五節 水井利用的得失           | 63     |
| 一、飲用方面                | 63     |
| 二、防火方面                | 64     |
| 三、灌溉方面                | 64     |
| 四、工業方面                | 65     |
| 第六節 水井的分類             | 66     |
| 一、分類表                 | 66     |
| 二、水井種類的說明             | 67     |
| 第七節 華北的地下水和鑿井         | 70     |
| 第三章 深淺水井掘鑿法           | 72—119 |
| 第一節 舊式水井的人工掘鑿法        | 74     |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 一、磚井             | 76  |
| 二、土井             | 81  |
| 三、改良井            | 82  |
| 第二節 管井人工掘鑿法      | 83  |
| 一、竹弓鑿井法          | 83  |
| 二、鍬鍬鑿井法          | 91  |
| 三、擊管鑿井法          | 93  |
| 第三節 機械鑿井法        | 94  |
| 一、衝擊式鑿井法         | 95  |
| 二、旋轉式鑿井法         | 99  |
| 三、混合式鑿井法         | 104 |
| 四、勘礦鑽探機          | 104 |
| 五、其他各種鑿井法的簡單介紹   | 106 |
| 第四節 鑿井技術上特別注意的事項 | 109 |
| 一、鑿井所遇各種困難與處理方法  | 109 |
| 二、鑿井具的遺落與打撈      | 111 |
| 三、危險事項的注意        | 112 |
| 四、鑿井的適當時期和維持年限問題 | 113 |
| 第五節 各種鑿井的工料費     | 115 |
| 一、舊式淺井           | 115 |
| 二、改良井            | 117 |
| 三、深井             | 117 |

#### 第四章 自流井掘鑿法.....120—127

|                |     |
|----------------|-----|
| 第一節 國內自流井散在的情況 | 120 |
|----------------|-----|

|                  |         |
|------------------|---------|
| 第二節 自流井要素的探查和掘鑿法 | 121     |
| 第三節 自流井的掘鑿實例和湧水量 | 125     |
| 一、北京南苑           | 125     |
| 二、山西洪洞縣          | 126     |
| 三、自流井流量調查的一部     | 126     |
| 第五章 鑿泉法          | 128—139 |
| 第一節 湧泉的利用價值和現況   | 128     |
| 一、湧泉的利用價值        | 128     |
| 二、我國湧泉分佈概況       | 128     |
| 第二節 湧泉的成因和種類     | 132     |
| 一、層間湧泉           | 132     |
| 二、溢流湧泉           | 132     |
| 三、斷層湧泉           | 133     |
| 四、滲流湧泉           | 134     |
| 五、曲管式湧泉          | 134     |
| 六、有遠源的潛水層湧泉      | 134     |
| 七、砂礫層湧泉          | 134     |
| 第三節 我國固有的探泉方法    | 135     |
| 第四節 掘泉引水的方法      | 136     |
| 第五節 湧泉的流量        | 138     |
| 第六章 灌溉計劃         | 140—154 |
| 第一節 揚水設備         | 140     |
| 一、揚水器具的種類和用途     | 140     |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 二、各種揚水器具的揚程·····      | 141 |
| 三、各種揚水器具的構造及設備費用····· | 142 |
| 第二節 灌溉與水量·····        | 148 |
| 一、水井汲揚水量·····         | 148 |
| 二、作物適宜的灌溉水量·····      | 148 |
| 三、新式揚水器具試驗記錄·····     | 149 |
| 四、水井的灌溉能力·····        | 150 |
| 五、灌溉水量的計算·····        | 151 |
| 第三節 經營管理·····         | 152 |
| 一、成本核算·····           | 152 |
| 二、增收的意義·····          | 153 |
| 三、制定法規、管理糾紛·····      | 154 |



# 第一章 鑿井的必要性和鑿井事業的沿革

## 第一節 我國灌溉鑿井的必要性

### 一、天災和旱災的嚴重性

我國數千年來，各地普遍發生天災；其中尤以旱災和水災爲多。現將我國從殷周時代起至 1937 年止，國內發生天災的回數列表如下：

表 1.

| 回數% \ 項別  | 水害    | 旱災    | 蝗蟲  | 雹害  | 風害  | 流疫  | 地震  | 霜雪  | 凶作  |
|-----------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 共 5,258 回 | 1,058 | 1,074 | 482 | 550 | 518 | 261 | 705 | 203 | 407 |
| 100%      | 20.1  | 20.4  | 8   | 14  | 9   | 5   | 13  | 3   | 7.5 |

再從公曆第一世紀到第十九世紀的旱災統計資料，可以查出河北、山東、河南、江蘇等地區的旱災，約佔全國旱災總回數的 49%，其他各省總計，只佔 51%。這不得不使我們對於北方旱災的嚴重性，引起特別注意了。

### 二、旱災和氣象要素

雨量——水分濕度對於土壤和農作物有着密切的關係。我國雨量，以東南方爲多，向西北漸漸減少；最西北的沙漠地帶，則雨量可稱絕少。長江流域每年雨量約 1300 公厘；秦嶺和黃河間則是 700~800 公厘。這兩個地帶相差很大。每年降雨時期也不一致，對於農作物有極大的影響。北方各地雨量，約有三分之二都在夏季降下，以致春季播種時期常

遭苦旱，土壤乾燥，作物種子不能發芽生長。常遭旱災的各省雨量和降期，列表如下(表2)：

表 2.

| 地 帶             | 地帶    | 降 雨 量 (公 厘)    |               |               |                | 年雨量<br>(公厘) |
|-----------------|-------|----------------|---------------|---------------|----------------|-------------|
|                 |       | 冬 季<br>(12~2月) | 春 季<br>(3~5月) | 夏 季<br>(6~8月) | 秋 季<br>(9~11月) |             |
| 華北              | 小麥地帶  |                |               |               |                |             |
| 山西北部            | 春麥區   | 9              | 50            | 235           | 57             | 351         |
| 河北西部、山西中南部      | 冬麥粟區  | 15             | 71            | 272           | 73             | 431         |
| 山東、河北、蘇北、新鄉安陽一帶 | 冬麥高粱區 | 45             | 81            | 384           | 82             | 592         |

註：表中作物地帶位置，參閱圖1。

平原和高原地帶的雨量，見表3：

表 3.

| 地 帶 | 地 名 | 年雨量(公厘) |
|-----|-----|---------|
| 平 原 | 天 津 | 542     |
|     | 北 京 | 617     |
|     | 青 島 | 625     |
|     | 正 定 | 408     |
| 高 原 | 太 原 | 488     |
|     | 臨 汾 | 392     |
|     | 張家口 | 344     |



圖 1. 中國農業地區圖

由以上兩表，可知北方各省的雨量，大都在夏季降下，且常在短期間或幾天裏一次豪雨降下。因此，造成了夏季水害和春季旱災的現象。

**蒸發量**——由於空氣乾燥和早風吹揚等的關係，小麥地帶的北方，每年蒸發量比水稻地帶的南方為多。這也是造成旱災的一個主要原因。

表 4.

| 季<br>節<br>蒸發量<br>(公厘) | 天<br>津 | 北<br>京 | 青<br>島 |
|-----------------------|--------|--------|--------|
| 冬 季 (12~2月)           | 178    | 138    | 192    |
| 春 季 (3~5月)            | 699    | 563    | 431    |
| 夏 季 (6~8月)            | 843    | 627    | 482    |
| 秋 季 (9~11月)           | 480    | 504    | 393    |
| 全 年 總 蒸 發 量           | 2200   | 1832   | 1478   |

把表 4 內的各地總蒸發量數字，與表 3 中各該地區的雨量對比一下，我們不難看出其蒸發量比雨量要大過 3~4 倍，而一般農作物是必須要保持它一定需要的水量的，所以蒸發量過大的結果，就使植物缺乏水份，造成旱象。

### 三、北方土壤的特殊性

我國北方土壤，是由黃土及沖積土層所組成。如山西、陝西、甘肅等省之大部及其他各省的山岳邊緣，都被黃土所覆。河南、河北兩省之大部和山東省平原農業地帶，都是沖積土層。至於海岸和古河道或低濕地帶，則是鹼性鹽性的土壤。

因為黃土是北方主要土壤的一種，關係農作物的產量很大，對於這土壤的性質，不能不加研究，以求明瞭它和水分的關係。據土壤學者理希德芬 (V. Richthofen) 的研究，可知黃土的成分裏沒有砂礫，只是特別多孔的物質，又含有石灰成分，帶着黃褐色；因被地下水分所影響，有縱直分離的特性。黃土土層的上下，被毛細管貫穿着，這種毛細管配置

的形狀，很像植物的根部。黃土分佈在中國肥沃土壤地帶的大部分。又據馬加爾 (L. Madyar) 的研究，則黃土對於耕作方面，確有着特別的好處。這就是降雨時期內，黃土很能够吸收雨水和濕氣。這些水分滲入地中，一直達到地下水面才停止。在乾燥時期，地下土層含有的水分（土粒空隙裏含着的水分）和地下水都能由毛細管的作用從下面提升上來，同時黃土裏所含的各種養分，也隨着一同上升，達到作物的根部，來營養作物的全部。所以簡要地說，黃土本身就是供應養分肥料的機構。但是水分必須要充足，如果缺乏水分，地下土粒周圍的水膜變薄了（也就是緊附於土粒面上），這時候，土粒和土粒中間造成空隙，毛細管不能貫通，喪失它的作用，植物養分和水分，都不能隨着上升，土壤變成赤褐色，地面現出裂縫，顯示乾燥的狀態。爲了充分利用這樣的土地和改良劣質的土壤起見，我們必須要提倡灌溉。這是多少年來一般農業和農田水利方面的學者所公認的結論。

#### 四、華北土地利用概況

華北各省耕地面積佔華北總面積的 45%，而灌溉地區面積僅僅佔全體耕地面積的 5%。在全中國內，連同南方稻田發達地帶所有灌溉地面積一齊計算，也只佔全國耕地面積的 20% 左右。這些灌溉地方又大部密集在河川兩岸附近地區，用河水作爲主要的灌溉水源，或者開渠，或者用機械抽水灌溉。至於根本沒有河川，或雖有河川却因地勢不便或水量不够等等關係，不能夠實施灌溉的地方，那就不容易做好救旱和防旱的工作了。

對於鹼鹽荒地，不易實施土地的改良和開墾。即使已經開墾的耕地，作物也不易豐收。所以提倡開鑿穿掘各種水井、自流井或泉源來防旱救旱，實爲我國北方旱區農耕地帶增加農作收穫量和解決農村生活困難的一個必要的措施。

## 五、灌溉鑿井的必要性

我國雖有廣大的耕地面積，可是人口分佈不均，災荒地區和人口衆多的地方，還是感覺食糧不够應用。因此近幾年來，各地對於食糧增產和工藝原料農作的增產等，都在積極設計。一般農業和農田水利專家，都異口同聲地承認施用肥料、消毒種子、改良土地（包括排水、灌溉、防鹼）等計劃，是增產的良好方法。雖然這些方法的使用，還要靠着土質、氣象、和其他客觀條件，但各種對於農作增產的效力，大致如表 5 所列。（這並不是絕對正確的，僅做一個參考。）

表 5.

| 作物種類 | 每畝原收量<br>(斤) | 灌溉增收 |    | 消毒種子增收 |    | 施肥增收 |    |
|------|--------------|------|----|--------|----|------|----|
|      |              | 斤    | %  | 斤      | %  | 斤    | %  |
| 小 麥  | 91           | 77.9 | 85 | 9.2    | 10 | 25.6 | 28 |
| 粟    | 108          | 32.4 | 30 | 16.2   | 15 |      |    |
| 高 粱  | 108          | 32.4 | 30 | 10.8   | 10 |      |    |

從上表可以看出，由於灌溉設施的適當，能够增加 30~85% 的收成。在大旱的年月，如有灌溉設備，也可豐收，即或歉收，也不致災荒嚴重。但是如果沒有灌溉的設施，那就要危險。甚至一粒二顆也難收穫。華北、西北河川，雖然分佈在各省，但是因為降雨量和降雨時期的不均勻，以致旱時河水乾涸，不能應用，夏季雨水多時，却又泛濫成災。所以在各河的上下游，通盤有系統的水利工程還沒有完成以前，我們就要希望河川能有灌溉田地的利益，還不如希望它們能够減免水害。

## 第二節 鑿井事業的沿革

### 一、我國鑿井事業的沿革

1. 從上古到清末 1911 年 鑿井技術，我國發明最早。因為中華建國，是從黃河上游開始，那裏的地勢高亢，年年遭受旱災，所以早就研究

鑿井，利用地下水來灌溉田地。歷代對於鑿井砌井方法，以及汲水器具，也有發明。

我國普通鑿井方法，有鑽穿式的，和現在西洋的搗鑿方法，大致相同。鑿井工具是利用竹木的彈力，控制錘鏃的升降，方法很簡單，創於何時則不可考。像四川的火井、鹽井，在漢代以前就已開始，工程實在艱鉅，方法是用轆轤操縱木樁的升降，樁下連結一根鐵柱，柱下附帶鋼筒和鑿頭，鑿有利刃，能够摧堅碎石，鑿碎的泥沙進入鑿筒以後，又能攜出井外，可鑿深到1,200公尺。

明代徐光啓研究西洋學術，善能採取優點，補充我國農田水利事業的缺點，並且做了許多發明和著作。他在所著的“旱田用水疏”裏記載鑿井的方法：高山平原，離江湖河澤都很遠的地方，沒有方法引用地上水，就要鑿井，增加水源，並掘池塘水庫以蓄存水量。簡略地說，徐氏主張：江南海墘掘深數尺就有水，應當做池塘蓄水，也就是利用地下水。至於掘深數丈才得水的地方，應做井，汲水可供灌溉。明代的井已經分類為石井、磚井、木井、葦井、竹井、土井等多種。汲揚方法已經有桔槔（有些地方叫挑桿，形狀像槓桿，一端繫重石，一端帶上揚水器具，利用重力減輕升降的人力）、轆轤、龍骨木斗（水車或龍骨水車）、恆升筒（唧水筒、抽水機、水泵）等，動力是用人力或畜力。徐氏復研究和發明了探測泉源所在的方法、鑿井的方法以及辨別水質好壞的方法。

清康熙時候，軍隊赴新疆準格爾時，因為缺乏水，常常攜帶飲水，其後，政府即下令沿途修井。譬如在清代一統輿圖上可以見到，從北京到新疆大道的兩邊有井字者，都是當時所掘的水井。清末李光地也曾提倡過鑿井鑿泉的方法。

2. 從1912年到現在 清末以來，國內常遭旱災，各地對於灌溉用水井日漸感覺重要。尤其是北方各省，如冀、晉、察、綏等，爲了興辦水利

事業，當時政府雖曾經訂有獎勵鑿井的條例，可是只是空文，找不着什麼具體的成績。1929年，在天津辦過灌溉講習會，以鑿井為主要課程。河北省也設立過農田水利的專管機構，山東、河南、山西等省，也有過鑿井訓練班和鑿井隊的組織。這些組織只是成為當時防旱的一項點綴招牌。雖然有過貸款，但是期間很短，條件嚴苛，貧農貸了也還不起。當時的政府只是考慮在棉產地鑿井，好給外國生產工業原料。所以結果是：井眼密集地帶更密集，旱災地帶則不去投資，仍不能利用井泉灌溉。還有一種現象是：井眼數最多，水車數次之，牽引的牲畜最少，發展不平衡，證明大部分農民還是用人力轆轤揚水。當時各省對於鑽井只重數量不重質量，所以成了許多的廢井。自1949年中華人民共和國成立以來，政府鑒於全國水井水車的建設的重要，號召各省地方均普遍由基層政府協助地隣農民成立互助組織，共同鑿井和利用，同時政府並大量貸以長期低利的井款和水車牲畜的購買費用，因而增加了許多井眼，對於防旱和增加生產，收益更大。像1950年在華北各省修好廢井六萬餘眼，新鑿磚井或改良井也有六萬三千二百多眼。以後鑿井和新添水車是每年不可缺少的一項農田水利事業。

各省利用泉水、自流井灌溉田地，是以靠山各省區為多。深井灌溉在北方最近幾年來才開始。淺井的分佈狀況，是以河北省京漢沿線的石家莊、保定一帶，山東省泰安、章邱，山西省北部大同和南部同蒲沿線汾河盆地以及山西省東南、潞安、長子一帶為較多。其他如河南、蘇北、陝、甘、察、綏等省，則比較少些。

鑿井困難的村莊，甚至飲料用水還需從數里或十數里外載歸使用。或有部分地方注重利用雨水為飲料。像山西省平魯縣四區小沙溝村全村109人，37頭牲畜，17頭豬，只有兩眼井，水很少，每天每戶要抽出一個到兩個勞動力去汲水，一個人在井下用勺子舀，一個人在井上吊

出，天不亮就排隊汲水，去得早的舀些稠泥，去得遲的連泥都舀不上來，就得跑五里遠的路，到泉上去背水。現就各種資料所載鑿井困難地區，列記如下，以供今後研究鑿井工程者的參考。

河北省：寶坻縣東南鄉黃莊鎮、爾莊鎮。曲陽縣北十五里東泉水頭村，西北二十五里上河村、石嶺村。易縣西南八十里景家莊、石板山。交河縣南十二里建福鎮。涿源縣北十五里金家莊。完縣西百里大嶺後，沙流河北魯峪。密雲縣南二十五里西邵渠莊。

山東省：鄒縣南四十五里沃里村。廣饒縣辛鎮、牛家莊。濟南南山。

山西省：晉北平魯縣四區，神池縣附近。晉南壺關縣及平順縣附近等等。

## 二、國外鑿井事業的沿革

歐西鑿井事業由埃及開始。埃及最古的建築是金字塔(傳說是埃及王的墳墓)，現在塔的周圍，還有古井的遺跡。推測是當時修塔所用的水井。例如開羅地方的約瑟井，鑿穿很厚的岩層，深 90 公尺，當時技術工具還不健全，就能夠完成這樣艱鉅的鑿井工程，也足表現當時埃及人民土木建築技術的偉大。

希臘羅馬的鑿井工程也很發達，希臘的武力和交通路線，曾經到達了波斯和印度一帶，所以到了現在，這些地方還可以找着古井的遺蹟。

法國阿爾脫地方開鑿深井，有的水流噴出地面以外，能夠自流，所以將地名阿爾脫稱為井名，就是自流井的開始。1841 年巴黎近郊格倫耐爾又掘成自流井，深 544 公尺，下連有壓地下水層，水源豐富，水噴出地面以上數尺，水頭成一曲線，當時叫它為曲泉。以後各工程家對於鑿井技術引起注意，並研究發明撈取墜入井孔和損壞在井內的鑿具的方法。巴塞自流井深 583 公尺，拉沙帕爾井深 300 公尺，僅鑿井的鑿桿，就有 4,000 公斤的重量。當時用蒸汽機動力，每分鐘上下衝擊 20 次，足證