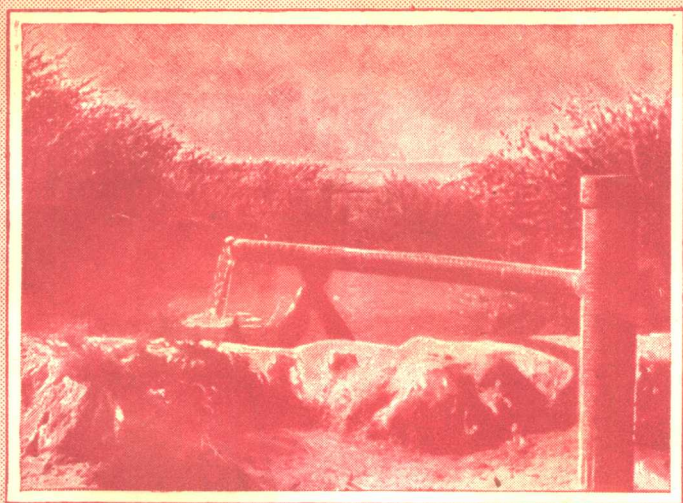




农田水利丛书

自流井

常 化 民 葛 蔭 萱

科学普及出版社

9027

本書提要

自流井是發展農田灌溉、供給人畜飲水，最可靠，最衛生和使用最方便的一種水井。井里的水可以自動地湧到地面上來。我國有很多地方已經打出了自流井，而且很順利地利用它們；也有很多地方可以打自流井，可是到現在還沒有打。假使要在已經打了自流井的地區，進一步增加井水量，擴大灌溉面積；或者在有條件的地區有計劃地打自流井，都可以在這本小冊子中找到許多辦法，做到充分利用地下水，不使造成浪費。

總號：490

自流井

著者：常化民、葛蔭堂

責任編輯：鄭漢民

出版者：科學普及出版社

（北京市西便門外新象灣）

北京市書刊出版業營業許可證出字第091號

發行者：新華書店

印刷者：北京市印刷一廠

（北京市西便門南大街乙1號）

開本：787×1092 $\frac{1}{32}$

1957年7月第1版

1957年7月第1次印刷

印張：十

字數：15,600

印數：1,700

統一書號：15051·46

定價：（9）1角3分

07797

CAB41/10

7556
9027

普通的水井，都要用人力、畜力和机械动力来打水或者抽水的，自流井里的水，却可以自动流到地面上来。因此自流井是利用地下水的最可靠、最卫生和使用最方便的一种工程。在我国的首都——北京西郊，就可以看到井中的地下水象喷泉似的喷流到地面，顺着灌溉田地的渠道，流到地里去。在广东的雷州半岛一带、山西的汾河盆地、内蒙古的呼和浩特地方和河北省的太行山山麓地带，也可以看到类似的情形。这种从地下喷出来的水，并不是地下自然涌泉，而是用人工开凿的自流井。用自流井进行农田灌溉和供给人、畜饮水，不仅可以节省抽水机械和人力、畜力以及机械动力，而且因为自流井是利用深层的地下水，受不到自然气候的严重影响，它的水量也稳妥可靠。尤其在浅层地下水不好、含有大量盐碱的地区，自流井的作用就更大了。既然自流井好处这么多，在我国广阔的土地上，是不是都可以打自流井呢？当然不是的，打自流井必须要有一定的地质条件，也要有一定的开凿技术。这本小册子，总结了各地经验，供打自流井时做参考。

地下水存在条件和运动

我们要知道自流井的道理和怎样才能打成自流井以前，需要明白地下水的存在条件和运动情况的一般知识。有了这些知识才便于研究自流井的形成原因和开凿技术。

一、地下水存在什么地方

要明白地下水具体藏在那里，又是怎样运动的，便需要先懂得一些地质知识。

我们在土层里打井的时候，经常发现表土以下的土层是随着深度而一层一层不同的，而且每一层在水平分布上也不完全一

样，为什么会造成这样的地層呢？要知道泥土都是山上的石头变来的。当初山上的岩石（表面的）經過風吹雨淋，日晒冰冻（外力作用），便会由大塊裂成小塊，再由小塊变为細小的顆粒，这些小顆粒的岩石再經過水力和風力的冲刷或搬运作用，由一处轉移到另一处。風力搬运作用，各地都有，地面上沒有树林或草被保护的地方，更特別显著。在我国西北和北部，这种作用是很大的。例如中国西北部的黄土層主要就是風积層，有的厚达170公尺，天山山麓則厚达100—150公尺。至于水力搬运（即洪水冲积，河湖冲积等作用），在我国华北平原及一些河湖附近的小片平原和盆地上，都可以見到。尤其是洪水冲积更为常見。当下雨的时候，山頂上的水順着山溝向下流动，水流愈来愈集中，由少变多，水势也愈来愈大，同时因为靠山的地形坡度大都很大，水的流动速度是很快，高山上風化了的岩石或較小的碎石塊便給水流冲刷下山。当水流到山下之后，因为地形坡度逐漸变緩，流速也隨着变小，便帶不动較大塊的碎石了，于是大塊碎石就先沉积到靠山近的地帶，而小顆粒的碎石或土壤便沉积在距山远的地方。所以在平原地区打井的时候，很少碰到較大顆粒的碎石，但是在近山地区就可以經常打到碎石層上。地面下的地層为什么会一層一層的呢？主要是因为大小不同的間歇性山洪暴發，或洪水泛滥所造成的。到現在我們还能看到：在过去某个河道决口淹沒的土地上，沉积下来薄厚不等的一層泥沙，例如：在过去黄河决口所淹沒的土地上，一般沉积了1—2尺或5—6尺厚的泥沙。

如果你仔細觀察一下表土以下的土層，便可以看出，每層土都是由数不清的岩石顆粒組成的，而且，岩石的顆粒和顆粒之間，都有一定的孔隙，不过一般岩石顆粒大的孔隙多也大，而岩石顆粒小的孔隙少也小（此外，孔隙的大小和顆粒排列得是否均匀也有关系）。雨水和雪水等降落到地面以后，一部分被蒸發回到空中变成了蒸汽，另一部分順着地面上的河流流走了，其余便

通过表土孔隙滲漏到地下，存在于这些岩石顆粒之間的空隙里形成了地下水。假使表土地層的岩石顆粒大，孔隙大，透水性強，雨水或雪水滲下去的多，我們把它叫做透水層（也叫含水層），例如沙、礫就是屬於这种地層；岩石的顆粒小，孔隙小，透水性也小，便是半透水層，例如粘土就屬这种地層，它虽然含水，但是水量小利用起来困难，所以一般打井时不在这層里設置进水部分；極細顆粒的泥質土如膠泥、粘泥等因为它的孔隙極小，几乎不透水，所以我們叫它不透水層。对利用地下水灌溉农田來說，可以根据地下水距地面的深淺，分成淺層地下水和深層地下水。

淺層地下水存在于第一个不透水層之上的含水層內，这層水也叫“潜水”。当地下水具备一定有利条件时，淺層地下水由于受重力作用的影响，有时也会繼續下滲到第一个不透水層之下第二个不透水層之上，或别的两个不透水層之間，就形成了“層間水”。

深層地下水就是指存在于若干个不透水層以下或其間的含水層的水。由于离地面远，受自然气候影响就很小，所以含水層經常处在飽和的状态。深層地下水的来源，不仅靠隔水層慢慢向下滲，而且很多是通过各个含水層来自远方高处，也有的是由河、湖、沼澤直接滲流补給。所以它的水量很丰富。有很多層間水。因为来源远而且高，所以具有压力，假如把井底打到这种含水層上水就可能噴出地面来，形成自流井。

在有坚硬岩層的山區地層就更复杂。有很多地層，因为受地壳运动的緣故，地層拗曲了，折断了，甚至折断后又錯动了，因此就有很多裂縫，也有被溶蝕成很多孔洞的。这些地層的裂縫孔洞有大有小，但是它們比土粒之間的孔隙大得多，所以含水量也很大，有些老乡們把这种裂縫水或溶洞水叫做“地河”。近年来各地打井中，有很多地区遇到过这种情形，打成功的井水量很丰富。

二、地下水怎样运动

不管淺層或深層的地下水，在地下是經常流动而不是靜止的。地下水的流动方向，在一般地質条件不复杂的地層里，基本上和地形坡度的傾斜方向是一致的。假定某一个地区的地形，是西高东低，呈一种慢坡情形，地下水流动方向大致也是由西往东流。就是說地下水流动的一般規律和地上雨水流动情况大体相同，只是通过顆粒孔隙而流动，所以比雨水的流动慢得多（淺層地下水的一般流动規律大致如此）。

淺層地下水和河水有着密切的关系。在一般情况下，是河水补給地下水。例如在我国北方地区，有許多河，在上游看着有水流，但走不到十或数十公里路以后，在下游就看不到河水了，主要原因是在河床地下或河床兩岸有着較厚的含水層，等河水流到下游的时候都滲漏到地下含水層中去，变成了地下水，因此河流也变成了枯河。但是也有相反的情形，即地下水补給河水，如图 1。

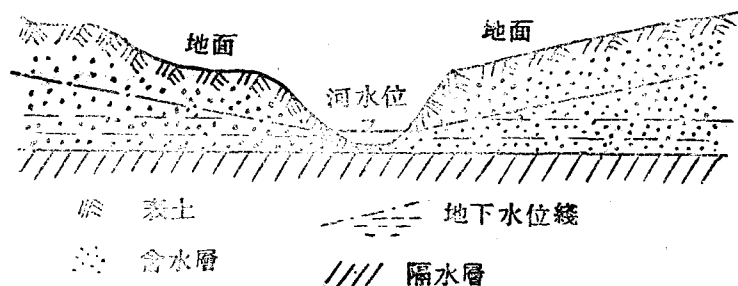


圖 1 河流断面圖。

这种情况一般多产生在山区或丘陵地帶的河谷中。当山洪暴發，地下水位低于河中水位时，河水反过来又补給地下水。

从上面談到的一些情况，我們就可以知道，淺層地下水的形成和地面以下的地質構造及地面以上的地形条件有着密切关系。

如果要想合理地利用地下水，發展农田灌溉，就需要首先了解一下地下水的自然情况，根据地下水的自然情况才好利用它为人们造福。如果在没有了解地下水的自然情况前就去打井，这将会犯盲目性的错误，造成不必要的人力、物力上的浪费。

自流井的成因和地质构造

上面已经说过，自流井的水源是来自地下深层的层间水。那么层间水是否都可以从自流井中自动流到地面来呢？这就要看层间水有没有压力，压力有多大，以及地质构造和地形的高低来决定。

所谓层间水是指：这个含水层处在两个隔水层之间，它除了有一个隔水层底板以外，上面还复盖着一个隔水层顶盖(如图2)。这个含水层中水的补给区和分布区一般是不一致的。补给区一般多在远方高处含水层露出地面的地方，而承压区都在含水层不露出地面的地方。当含水层被水充满的时候，含水层的水便呈现出一种水压力，所以也叫“承压水”。这种水压力的多少，要看补给区地形的高低来决定，如果打的井口(即上口)高度低于压力水头线(就是由补给区水面向排泄区水面所联成的直线，排泄区水面都比补给区的低一些，因此这条线是和地面倾斜的。线中每个点就相当于各处的地下水压力水头的高度)时，井里的水便可以喷

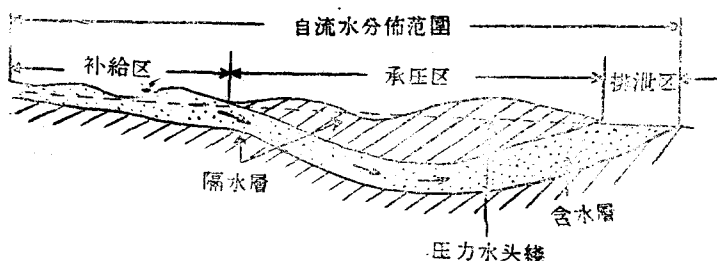


图 2 层间水示意图。

出井口，成了自流井。

补給区降雨量和受水面积的大小是影响層間水量多少的主要因素。

層間水也有無压力的，这种層間水往往是因为含水層沒有达到飽和状态，因此也不是層間水都可以打自流井的。

綜合以上对地質条件的分析，我們可以得出打自流井的要素一般有三个，即：（1）有丰富的地下水源；（2）有良好貯水層；（3）有相当的壓力水头，而且壓力水头綫必須高出地面。那个地方具备了这三个条件，打井后地下水就能噴出地面来。根据地下水科学家的研究和我国各地打自流井的經驗，自流井的地質構造形狀，大致有以下两种：

一、自流盆地

自流盆地是我国打自流井常見到的一种地質構造形狀(如图3)。

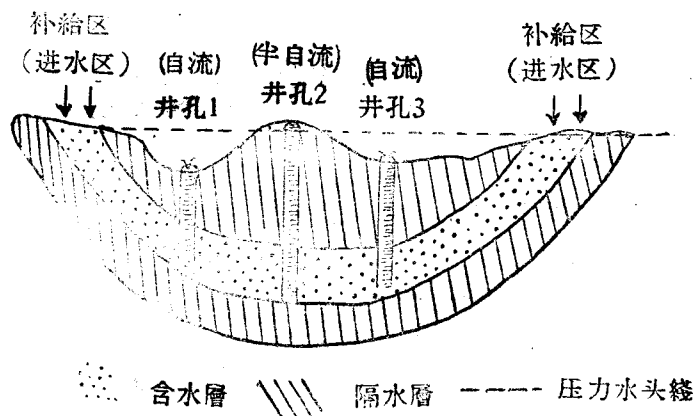


圖3 自流盆地的地質構造圖。

从上图，我們可以看出自流盆地的含水層是向上弯的，补給区(进水区)容易向盆地含水層內滲水，这些水因为上下有隔水層。

擋住了滲入地下深處的去路，使含水層內的水，頂住了復蓋含水層的頂板，在水量特別充足的條件下，含水層內具有壓力的水便可以由開穿的井孔高噴到地面，甚至可以噴得高出地面許多。但在較高的地點（即比壓力水頭綫高的地方）打井，水就不能噴出地面，只能達到壓力水頭綫的位置，所以打成的井便成了半自流井。

這種自流盆地的含水層水量的補給多是天然降水、河水或其他水源，所以要受自然氣候的影響，在旱季井水量常常減少，甚而不能自流。不過這種情形不多，主要是因為自流盆地是由於地殼運動所形成的，而地殼運動時會使地層產生許多裂縫，地下水便也可以通過這些裂縫而滲流到自流盆地含水層內。

在自流盆地壓力水頭綫還沒有完全搞清以前，自流井址應首先選擇在地形最低的地方，再根據地形最低的地方打出的自流井的噴水高度，逐步由地形低的地方向高的地方打自流井，這樣可以減少打自流井的盲目性，防止不應有的人力、財力和物力的浪費，這是打自流井應該特別注意的一點。

二、尖滅的自流斜地

在山谷地帶或山前平原地區最容易產生尖滅的自流斜地，這種地層如圖 4 所示是由洪水沖積在山前平原上所形成的。

當山洪暴發的時候，由於近山地區地形坡度陡，水流急，可以挾帶山上的沙石一同往山下流，但是一路由於地形逐漸變坦，水流速度也隨着變小，於是便把碎石、礫石、粗沙沉積在近山地區，而把細沙以至最細小的土粒沉積在距山遠的地區，經過多年的堆積便形成了山前平原，自然也造成了尖滅的自流斜地，構成了承壓水的條件。

自流斜地和自流盆地的補給區（進水區）的區別是：自流斜地補給區是遠處的山地或者高原，而且在那里多由河流或地層裂縫補給自流斜地的水源，所以地下水量一般都是充足的。

自流斜地壓力水頭綫，一般高出平原地表，如果具有合適的

地質、地形条件时，都有自流的条件。有时因为复盖的隔水層尖灭或有錯断地層，地下水还可以自己溢出地面形成“自流涌泉”。所以当选择自流井址而不知道詳細的地質構造情况时，在已淤死的老泉眼的附近或下游，往往可以打出自流井。我国許多地区近山地帶都有不少淤死的湧泉，今后应在这些地上試打自流井，以便發現更多的自流区。

我們可以从圖 4 看到尖灭的自流斜地也不是到处都可以打出自流井。必須在有相当压力和符合自流的条件下，才可以打出自流井。因此在不十分清楚地質条件的情况下，应该从近山地区在錐井下泉时逐步深打，用这办法开始試打自流井，一步一步地順着地形坡度向下游排列自流井孔。

尖灭的自流斜地也有很多种类，已經知道的主要有下面两种：（一）淺層地下水可以直接补給水源的；（二）隔水層內的透鏡体含水層。这两种自流区的規模不論在面积上或厚度上都是相当大的。对發展地下水自流灌溉都有相当大的意义。

第一种尖灭的自流斜地如圖 4。这种尖灭的自流斜地本身有許多特点：它分布在山区和平原，在丘陵地区也有这种地質構造

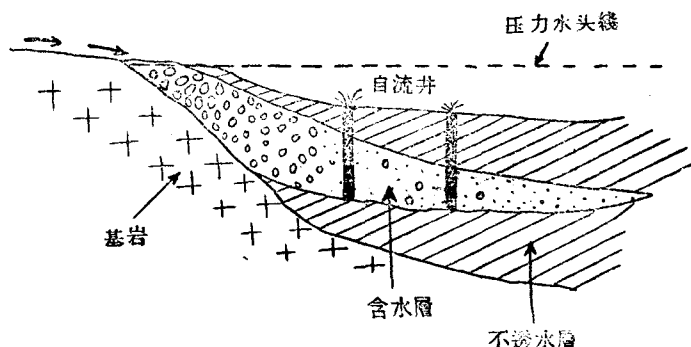


圖 4 尖灭的自流斜地地質構造圖。

情况。这种自流斜地的压力水头（即承压水头）一般比较高，所以能打自流井的范围很广。

后一种尖灭的自流斜地和浅层地下水含水层是隔断的，它的水源主要靠慢性渗进来的水（如图5）。这种尖灭地形也有一定的水头压力，但是由于压力水头线低于地面，不能自流出地面，如果离浅层地

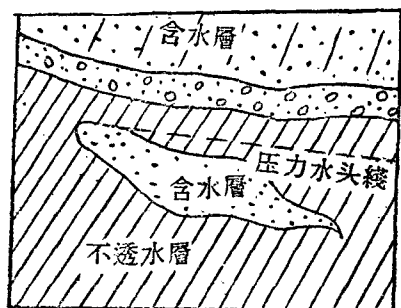


圖 5 透鏡體的含水層示意圖。

下水很近时，也可以采取錐井下泉的办法打成半自流井，把尖灭含水層里的水引到磚井筒内来利用它灌溉。这种含水層的水量很少，因此不能打許多井来利用它，只能有计划地打少量的管井。

自流井址的选择

井址选择是一项十分重要的工作。在沒有弄清楚某一处地下

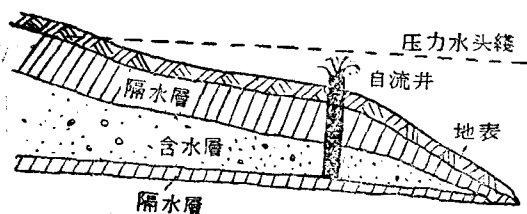


圖 6 自流井噴水高度示意圖。

有水有無自流条件以前，万不可盲目施工。否則將會造成人力、物力方面很大浪費。因此在确定井址时，要特別慎重。但是怎样选择井址呢？据一些地区打自流井的經驗，有以下几点：

一、在已有自流井的地方，怎样选择井址

在这种地区开鑿新的自流井以前，要事先了解已有自流井的

噴水高程、地面高度和將自流井井管接長后靜止水位的高度，好進行比較推測打新自流井地方的地下水是否可以自溢出地表（如圖6）。

按上圖所示，如果在地面高度沒有超過自流井噴水高程（也就是壓力水頭綫）的任何地點，同時地質構造也無變化的條件下，都可以打出自流井。了解已有自流井水位升降變化的情況也十分重要，如果水位升降變化很大，到缺雨季節幾乎不能噴出地面時，那就說明自流井的水的補給要受自然氣候的影響，壓力水頭要減低，那麼再增加新井，連老井都會受到影響，以致不能自流。在這種情況下，就不要再打新井。如果井水位不論在旱季或雨季都沒有變化，說明地下水量是豐富的，那就可以再打新井。但要注意到自流井的距離，通常井距不要小於100—200公尺（即約30—60丈）。再近了，就很可能會互相影響井水量和噴出的高度。

二、在有湧泉的地方，怎樣選擇井址

有些地方沒有自流井而有自然湧泉，這說明地下有承壓水，有發展自流井的條件，但在打自流井之前，也必須了解地形、壓力水頭綫和湧泉水量變化的情況。如果湧泉的水量一年四季都無變化，或者變化極小，就可以試打自流井，它的井位可以在湧泉的左右尋找，如果向左右打井以後湧泉水量不受影響時，就說明這一帶地下水量很豐富，還可以再在湧泉上游或下游試打一些自流井。如果還不影響泉水量，可以增加井孔。總起來說，在湧泉地區開鑿自流井時，不應該大規模的開鑿，應當逐步增加井孔。如果發現因增加井孔，湧泉水頭有下降現象時，就不要再增加井孔了。

三、在已經淤死的湧泉地方，怎樣選擇井址

在有已經淤死的湧泉地方，也可能打出自流井。

湧泉按泉水的來源可以分為“下降泉”和“上升泉”兩種。下降

泉的泉水是潜水，容易受气候影响；上升泉的泉水是層間水，不容易受气候影响。在乡間有把这两种泉叫做“真泉”和“假泉”的。

已經被淤死的涌泉中有的“真泉”，如圖7所示。这种泉的泉水来源远，水量充足，即使在旱季也能涌出地面。这种涌泉过去往往是人为地堵死的，例如在旧社会有的封建地主迷信怕“破坏風水”，故意堵死了

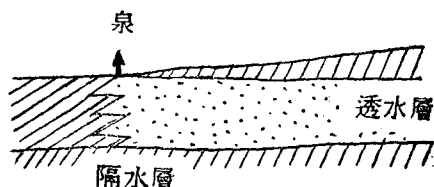


圖7 “真泉”的一种地質構造示意圖。

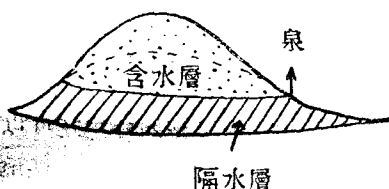


圖8 “假泉”地質構造圖。

多了就出水，下雨少了就不出水。在这种地形条件下，打不出自流井。

四、在新开发地区怎样选择井址

在未打过自流井的地区选择井址最困难，有些地区通过观察地形，也可以找到自流条件。例如河北省涿鹿县城附近，在三面环山一面靠桑干河的山前冲积平原上，发现了离地面30公尺深处有良好的承压含水層，在1951年经过錐井下泉，地下承压水喷出地面1—1.5公尺，而成了自流井。又如山西解虞县在中条山山陰的冲积盆地上，近来经过錐井下泉，在約50万亩的耕地面积上发现了12—45公尺深处有良好的承压水。水头一般比地面高出0.5—1.5尺，已經打成2,000多眼的自流井。

据广东省打自流井的经验：在已知地下有承压水而尚未弄清

承压区域的条件下，他們对井址选择是：由地形低处入手，摸索地下水规律，逐步由低处向高处打井，大大地减少了单纯探寻自流条件而打井的浪费，也减少了打自流井的盲目性。

当不能肯定地下有承压水或肯定有承压水但对承压水距地面的深浅还摸不大清楚时，最好结合鑽探工作，来肯定地下的实际情况。不过在鑽探自流区时，因为鑽探成本较高，要慎重选择鑽探孔址。经过鑽探如果发现自流条件时，所打的鑽孔要尽可能改造成自流井，以节省工程费用。因此在鑽探时，鑽探孔径要尽可能大一些，同时要先了解一下当地已有地质资料，以便降低开采的成本。

鑽探自流区所用的工具，有机械鑽探打井机，也有人力鑽井用的錐井工具。施工时鑽探工具的操作方法，可参考本书最末一节“打自流井的工具”，这里不再多讲了。

探测地下水有无承压水，除了用机械或人工鑽探外，还可以

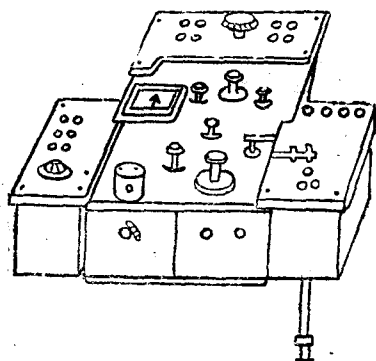


圖 9 国产 3J-1 电测仪示意图。

用电测仪（如图 9）电探地下水，通过电探的工作可以减少鑽探孔的数量。这种仪器，我国上海电表厂已能制造。在 1955 年水利部协助内蒙古自治区解决畜牧用水时，曾试用了这个办法，初步实践证明：用电测方法勘探地下水，又快又省，不过要有专门技术人员来操作才行。在内蒙古自治区试用电

探时，曾给河北、山东、山西、甘肃、青海等省训练了这方面的技术人才。

自流井的规划和利用

大家知道自流区的地下承压水也和浅层地下水一样。它的水量也是有一定限度的。当承压水通过自流井管喷出地面的时候，这些井管的四周压力水头便要向井中心下降（如图 10），全部下降的压力水头曲线组织成一个漏斗形。这个漏斗的曲面便是一个自流井涌水量的影响范围，水文地质学家把这种影响范围叫做井的“影响半径”。

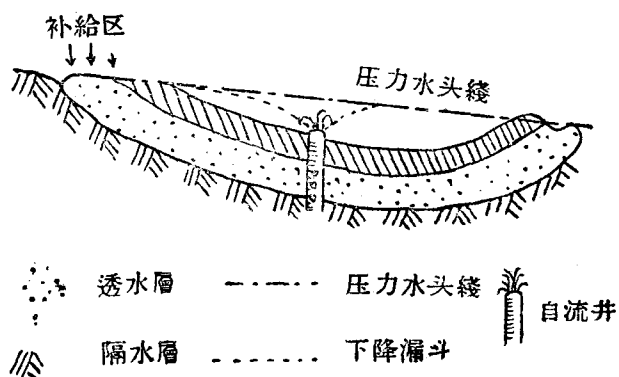


圖 10 自流井影响半径示意图。

这个井的影响半径，在一般中、细沙层的水文地质条件下，通常是 100—200 公尺。因此，自流井之间的距离如果小于 2 倍的影响半径时，自流井的井水量不但会减少，甚至会由自流井变成半自流井。在我国首都北京郊区、山西解虞县及其他自流井地区内，就因为井距选得太近，或井孔打得太密，近年来都出现了由自流井变成半自流井的现象，或是水头严重下降而减少了自流井的涌水量。因而在自流区内，根据地下水源情况，定出打井规划是十分重要的一项工作。

一、自流井距离的确定

自流井的井距一般应根据当地地下水的实际情况来确定。自流井影响范围的资料，一般有两个方法可以取得：

(一)在已有自流井的地区里增打新井时，要看已有井孔距离有多么远，才不致互相影响，如果在 100 公尺内的自流井互相影响出水量的话，增加新井孔时，要把井距放得远些，以不影响老井水量为宜。有些地方为了照顾自流井互相不受影响，在自流区打井时，井位、井距的布置，开始时隔得远些，逐渐隔得近些。这个方法在沒有准确掌握井的相互影响距离时，可以采用。

(二)在沒有打过自流井的地区，如果已经有资料可以断定在一定深度的地層下有承压水，并且能自流（或者不能自流）出地面时，确定井距一般有两个办法：

1. 根据在通常的地下水条件下，水井影响半径的数字是 100—200 公尺，井距布置最好不小于 200—400 公尺。也就是说井的距离，应该由远到近，井孔由稀渐密，根据不相互影响水量和满足灌溉供水量的原则来布置。

2. 根据地形，先在某个自流区内地势最低的地方试打第一眼自流井。这有两个目的：第一可以试验承压水头比地表高出的距离，以便研究在自流区地形最高的地方打井能否自流；第二通过试打的井可以计算地下水量和含水层渗透系数，确定井距。

二、井位的布置和确定

确定自流井的位置，一般应根据下面四个原则：

(一)在平坦的地形条件下，把井位排成“一”字形垂直或接近垂直地下水的流向（如图 11）。它的好处是不互相影响井水量并且便利农业耕作。但是在地形条件只能照顾到一个方面时，农业耕作应该服从地下水的流向。

(二)便利灌溉用水。为了达到这个目的，在井位布置上，应该根据地形坡度，设计井的位置。假如地形坡度是 $1/1000$ — $4/1000$