

地下水干部訓練班讲义

怎样开发利用地下水

山西省农业建设厅水利局編

水利电力出版社

内 容 提 要

本書根据多方搜集的农民群众多年来对于开发地下水的实际經驗，結合理論簡明扼要叙述了地下水来源，以及根据各种不同的地形、地勢、地質土壤寻找和发现地下水，測驗地下水量，用各种型式的工程引用地下水，各种工程的施工技术与方法。

本書可供学校或訓練班的教材，亦可作水利工作者和各级干部自修以及实际工作中必要的参考資料。

怎样开发利用地下水

山西省农业建設厅水利局編

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里沟）

北京市书刊出版业营业登记证出字第105号

太原印刷厂排印 新华書店发行

1568S420

797 × 1092 1/32开本 · $3\frac{9}{16}$ 印張 · 80千字

1958年11月太原第1版

1958年11月太原第1次印刷（0001—5000）

統一書号：15143·1225（第9类）0.40元

前 言

去冬以来，我省在鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义总路线的光辉照耀下，千百万人民以踢破地球，冲破天空的英雄气概，掀起了全面性的、史无前例的、规模壮阔的水利建设高潮。经过一冬春的苦战，在地下水开发利用方面取得了很大的成绩。

在这一阶段的工作中，各地群众创造了多种多样的地下水开发形式，他们学习了各兄弟省的先进经验，并且在实践中作了进一步的改进。为了及时推广先进经验，介绍找水办法，特别是为了大量培训地下水工作方面的干部，我们特搜集各地有关资料并参考已有文献编写了这套讲义，以供各地使用和参考。

由于编写时间短促，资料缺乏，加以思想水平和业务能力有限，所以在内容上恐尚不能满足各地要求，尤其不一定能够完全适合各地具体情况，其中错误和缺点恐怕也在所难免。因此，希望各地在使用中多多提出宝贵意见，以便进一步改写和修订。

本套讲义共有 5 种，计为：

1. 怎样开发利用地下水；
2. 普通地质与地质构造；
3. 水文地质；
4. 地貌与第四纪地质；
5. 电法勘探。

山西省农业建设厅水利局

1958年10月

目 录

第一部分 地下水概說与勘查

山西省水文地質情况	(3)
一、地下水概說	(5)
二、寻找地下水的方法	(11)
三、水量計算	(18)

第二部分 地下水的開發形式

一、挖泉、爆破泉	(28)
二、截潜流	(31)
三、截流錐泉	(39)
四、挖活水池塘	(40)
五、上排下灌	(42)
六、沟洫台田	(42)
七、矿坑自流泉	(43)
八、联井	(43)
九、水网化	(45)

第三部分 鑿井技术

一、56打井法	(47)
二、自流井	(59)
三、机械凿井	(82)

第四部分 电探的操作

一、电探的应用范围和可能解决的問題	(94)
二、野外工作布置	(96)
三、仪器使用	(102)
四、資料整理	(106)
五、技术保安	(111)

第一部分 地下水概說与勘查

山西省水文地質情况:

山西西北部为阴山、恆山与內蒙古为邻，东部为五台山、太行山与河北为邻，西部为呂梁山与陝西隔河相对，南部有中条山与河南为邻。

由于經过頻繁的造山运动，形成全区六个較大的封閉式的山間盆地与地壟，而且山多川少，山区丘陵區面积128100平方公里，占总面积的81.6%以上，平川區28700平方公里，占总面积的18.4%，耕地6300万亩，仅占总面积的27%，更由于地質构造較多，地形地勢零乱，土壤渗透性强，地表径流109亿公方，占总补給水量672亿公方的17%，年补給地下水源，就有221亿公方。因此形成本区独特的水文地質条件。劳动人民利用这些条件創造了丰富的开发地下水源的經驗，远在黃帝时代就在平川地区，打井汲取地下水，到了湯代据古書上記載“湯旱七年、伊尹教民田头凿井”，可見在三千多年前已經大量打井抗旱，汗明时期，清徐一带創造了水巷引煤窰水和沿边山石层里的裂隙水，特别是农业大跃进兴修水利运动中，因地制宜多种多样的創造了十余种地下水开发形式，初步明确了各区开发地下水的方向，現結合开发将分区水文地質条件叙述如下：

山区：植被較好，岩石风化、土壤疏松、透水性大，部分降雨下渗变成地下水，但地形坡陡、沟多，地下水多渗入石层或汇流沟內变成涌泉，如：奥陶紀的石灰岩，石炭紀的砂頁岩，二迭三迭紀的石灰岩，煤层內都有丰富的溶洞水和

裂隙水，全省范围流量最大的泉，有龙子祠（7立方公尺/秒），霍泉渠（4.0立方公尺/秒），洪山（1.7立方公尺/秒），晋祠泉（1.8立方公尺/秒）等都出露在奥陶纪的石灰岩地区，石炭纪、二、三迭纪的石灰岩、砂页岩都有泉水涌出，特别是分布面最广的煤窑水更丰富。介休洪山泉（石灰岩地层），以挖泉、爆破泉的办法增加水量半个秒公方，特别是高平陈堰群众从石炭二迭纪三迭纪的煤窑内挖凿石槽引水，使矿坑自流泉三十处汇合在一起，就有一个流量，还有汾阳三佳，在三迭纪地层打了11个孔，挖出地下水来，这些都是创造性地开辟了山区找地下水源的新门路，我们估计以挖泉，爆破泉，鑽孔自流水，矿坑自流泉等形式可开发地下水100秒公方（31亿公方）。

丘陵區：都是分布在盆地与山区的中间，也就是围绕着各个盆地，地层多是山前冲积、冲积锥等组成多为砂砾石、漂石地层，但地层颗粒的排列，由大变小，关于本区地下水来源，除了本区下雨渗透的以外，还有山区地下伏流的补给，由于地形急剧的由陡变缓，岩石由粗到细，因此地下水流速也由快变缓，所以常在冲积锥边沿或冲积裙沿、古河道等处，潜水露头形成土壤沼泽化或轻盐渍化，但水质还好，地下水多集中成伏流，这些地区群众截流锥泉，截潜流上排下灌，活水池塘，井组地下水库等开挖形式都取得了丰富的地下水，如清徐西马峪一带沿石千峰山麓截出潜流0.488秒公方，平遥源祠截流锥泉工程，截出0.30秒公方的水，在截流沟锥成一个泉，一天出水1万吨以上，创造了全省的卫星。按分区水文地质条件分析，初步估计全省可以挖出200个秒公方的水量（63亿公方）。

平川区：也就是全区的六个盆地及壶流河、三川河、昕

河、丹河等九条河流的河谷川地，都沉积很厚的砂砾石层，地势平坦低凹，山区丘陵区的地下水都要汇集到本区，因此本平川区，潜水位高，承压水丰富。但由于地下水，由山区到丘陵，由丘陵到平川，水里溶解了好多可溶性的盐，集年累月都淀集本区，所以造成平川区域土地盐碱化，特别是今后，山区丘陵区蓄水工程大力兴建，渗漏水更增加了地下水量。所以平川区大量开发利用地下水，不仅有灌溉增产的巨大作用，而且能够防止土壤盐渍化，沼泽化。盐碱地一般潜水矿化度高，不适宜灌溉，但深层水丰富，水质良好，所以盐碱地宜于打自流井，改种水稻。总之，平川地区，大力打机井，56井、自流井、锥深泉是大量开发利用深层水的有效办法，目前晋南区开发深达180公尺，晋中150公尺，若再深一些，可利用的地下水量会更多。

如文水县在一年的时间内，将40万亩盐碱地打自流井，变成了稻田，全省用开发利用地下水的办法，改良盐碱地约200万亩，一眼56井可保证100至400亩，文水大城南的粗木管自流井一天一夜出水4000多吨，这就说明了平川地区水源是很丰富的。

总的来说，我省不论山区、丘陵、平川地区地下水都很充沛，初步估算，当年地下水的补给量有221亿公方，平川区的静储量有200亿，若开发利用100~120亿公方，适可保证2000~2400万亩耕地适时适量用水，而且由于山高，水头高，大部可以自流灌溉，节省提水浇地成本，所以普遍地大力开发利用地下水，是全省实现“一春无雨，保全苗，一年无雨，保丰收”彻底改变我省十年九旱的唯一办法。

一、地下水概说

地面以下地层中所含的水叫地下水。

地下水到处都有，一般水质较好，适于农业、工业用水，地下水受旱涝影响很小，供水保证率较高，因此开发地下水对农业灌溉和工业用水等方面都具有重大的经济意义。

(一) 地下水究竟是怎样形成的呢？要了解这个问题，首先讲一下地球上水的循环。水在大陆表面和海洋中，经过太阳晒热之后，变成水蒸气上升到空中，水蒸气在高空移动和上升的过程中，如遇到冷空气，便凝结成极小的水滴，这就是云，小水滴继续凝结成大水滴，降落到地面，就是降雨，地面上的雨水去路有三，一部分流入海洋和河中，一部分又变成水蒸气回到空中，第三部分通过疏松的地层渗入地下形成了地下水。

地下水在地层内也和地面水一样，从高处往低处流动，有的也流到河中或海洋里，所以水在自然界是循环不止的，因此在我们开发地下水源，进行农业灌溉之后，虽然地下水位暂时降低了，即水量减少了一些，但经过降雨降雪之后，地下水位就会复原，这样我们取地下水保证灌溉是完全可能的。

在地下水面以下各种透水土层的空隙和小洞中间如砂子、碎石和岩石的裂缝中，都有地下水在流动着，这叫含水层和透水层。密实的粘土层中，虽然也存在有水，但它流动的速度极慢，通常叫不透水层。打井下泉所取用的地下水主要是从含水层中汲取的。详细见图1。

(二) 根据地下水存在位置及主要开发的有以下两种水源：

1. 潜水：地层中最上面的一层水，叫潜水。它的特点是上层没有透水层复盖（图1），潜水主要来源是雨水由地面

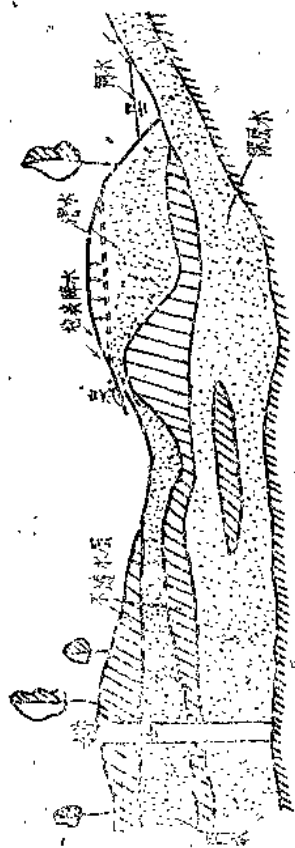


图1

的直接渗入，有时河水位高于两岸地下水位时，也可补给潜水，潜水的特征是水量不稳定，它随天气的旱涝变化，雨水多，潜水面就上升，天旱，潜水面就下降。以往不下泉的砖井、土井单取潜水，所以到天旱用水灌溉时，就没有多少水了，相反在雨水多不需灌溉时井水反而多了，不过在河流上游冲积地区，虽打在潜水层的水井水量也会很丰富。

2. 层间水：两层不透水层的中间水，叫作层间水。层间水绝大部分是有压力的（也叫承压水），也有无压力的叫无压层间水，打井遇到这层无压层间水，不但井中水量不增加，而且井中水位还要降落，这种情况是较少的。我们打井如遇到有压力的层间水，水顺泉孔上升即可自流到地面或喷射出来，这种井泉叫自流井和自流泉。也有不自流到地面形成半自流井，主要是压力小达不到地面。层间水具有压力，水量充足且有上升能力，因此它对于农田灌溉是一种较可靠的水源。已往群众打砖井遇到水源不足即在井底下泉取得深层的层间水；水量就大大增加。层间水的来源不直接靠地面上的雨水补给，它的补给区往往是距

取水地点很远的地方。一般在以下两种地形条件可打成自流井：

①自流盆地：自流盆地内含水层是处在上下两层不透水层之间，水源的补给区是很远的；并且高程也很高，水从补给区流入到承压含水层之后，因上下均有不透水层挡住，所以水是充满含水层（也有不充满的无压力的叫无压层潜水）。当我们在自流盆地内，地面高程低于补给区水位高程的地区，打穿不透水层到承压含水层中，由于水受压力马上就会冒出地面，直到井中水位与补给区水位相同时为止。所以当我们在自流盆地内打自流井时，先在地形最低的地方打，看水位多高，然后根据自流井水位高程，再确定那些地方还可以打成自流井（见图2）。

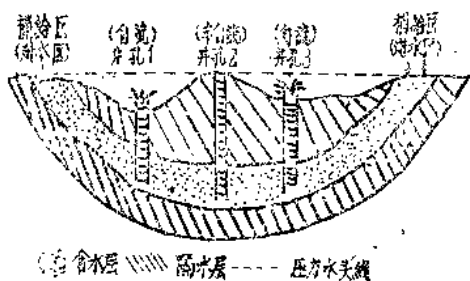


图2 自流盆地的地质构造图

②尖灭的自流斜地：在山谷地带和山前平原易产生尖灭的自流斜地（这种地层叫尖灭的自流斜地），这种地层如图3。主要是冲积在山前平原上所形成的。自流斜地的水源的补给区，是在远处的山地或高原，而且在那里由河流或地层裂缝补给的水源也较多，因之一般水量是很充足的。自流斜

地补给区水位高程一般均高于平原的地面高程，所以打井打到承压含水层之后一般都可自流。

(三) 几种典型的含水层带：

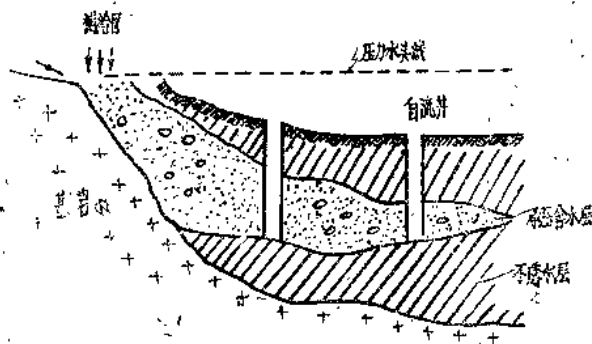


图5 尖灭的自流斜地地质构造图

1. 冲积平原：是一种面积辽阔，成层较厚，土层性质大体一致的松散含水层。水源一般都很丰富，打井1~10眼以后，在一定范围内就可间接推测四周地下水源的埋藏和分布情况。

2. 河湖淤积层：水源最好，地层一般常是粘土和砂砾层相互交叉成层分布，许多埋没的古河道以及现代河系的河谷，阶地和湖泊的四周均属于这种类型。

3. 山间盆地和山前冲积平原层：一般是粘土夹带砂、卵石、砾石构成之地层。在山脚部分，常是颗粒较大，粗碎松散，孔隙较多，能很好的渗透由山上流下来的降水。距山越远，颗粒逐渐变小，遇上粘土、砂质粘土可复为不透水层，有的形成压力水、喷泉和泉水出露于地表。

4. 岩石成层的山区，具有透水性的岩中，如有很好的受水条件，能成为很好的地下水源。

(四) 地层与地下水的活动：

地面以下的地层是一层层的，每层的颗粒组成都不一样，造成的原因是，当初山上表面的石头经过风吹、雨淋、日晒、冰冻，由大块破裂成小块，再由小块变成细小的颗粒，这些小颗粒再经过水力、风力的冲刷与搬运作用，移到山坡以下地区逐渐堆积成地层。例如：下雨的时候，山坡和山顶上的水顺着山沟向下流动，水流愈来愈集中，由于山坡坡度大，水的流速快，高山风化了了的岩石或较小的碎石块，便夹砂带泥冲刷下山，当水流到山下之后，地形坡度渐渐变缓，流速也随着变慢，较大颗粒就带不动了，于是大颗粒沉积在靠山近的地区，小颗粒和泥土就沉积在距山较远的地区。因此在平川打井不易见到较大的碎石层，在近山地区遇到大颗粒组成的地层就是这个道理。地层为什么又是一层一层的呢？主要是因为大小不同的间歇性的山洪爆发，或洪水泛滥所造成的。

地层的每一层都是由数不清的岩石颗粒组成的，同时颗粒与颗粒之间存在有无数孔隙，地下水就存在这些孔隙中。地下水在孔隙中并不是静止不动的，它也是从高处向低处流，它流动的方向，一般在地质条件不复杂的地区基本上和地形坡度倾斜方向是一致的，也可以说地下流方向和地面水流动方向大致相同。

浅层地下水和河水有着密切关系，在一般情况下是河水补给地下水，许多河流在上游有水流，但流不远到下游就看不见了，大部分渗入河两岸较远的含水层中补给地下水了，如图4。有时也有相反的情况，地下水补给河水，见图5。

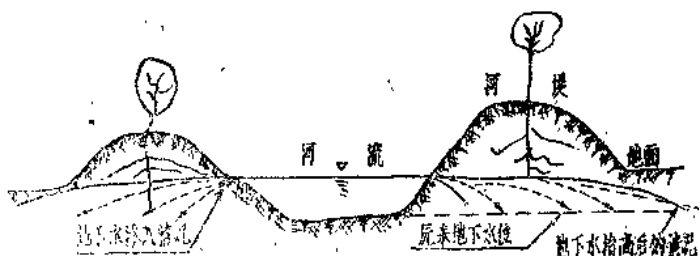


图4 河流断面图



图5 河流断面图

二、寻找地下水的方法

寻找地下水源是开发地下水的根本问题。所以在勘查水源的过程中，必须充分发动群众，多访问当地老农及打井技工，了解群众传说和水源历史变化情况，多收集资料，否则盲目进行会造成很大的浪费，多年来群众在找水方面取得很多经验，现将采用的找水办法简单介绍如下：

(一) 经验找水办法：

1. 根据自然现象判断有无水源——在田間如发现下列情况，说明该地有地下水源，并且水位较高。

① 在炎热天气，地面经常潮湿，冬天有水气上升，早晚常有水气飘浮在空中，夏天感觉凉快，冬天地面冻后裂缝中凝有霜的地方。另外，在草原区白天热，傍晚凉，并在此区

上边有白霧。某地区四周圍土地开裂发白，唯有中間一处潮湿不裂。在有水的下湿地內，經過犁地后浊水很快变清。有些在烂泥田中常起泡沫。

具备以上这些現象的地区，說明該地区下面有地下水。

②在天旱时四周庄稼都黄了，其中还有一处发青，或在树旁边的低地方。另外，在天旱时地中水不干，甚至浮有青苔，葦子长的很多又很旺的地方。楊柳树和草发芽时特別早，旱天不枯稍顏色特別嫩綠且下垂的地方。有以上各种現象，下面可能有地下水源。

③喜欢潮湿的昆虫，象青蛙、蝸牛等聚集一起，或蚊子成群飞舞的地方，多蚂蚁窩的地方，都可能是有地下水的地方。

2. 根据地形地貌找水——在以下几种地形地区地下水源比較丰富：

①四面高，中間低，人称为掌心地。

②山脚潮湿，雨后常有水流的地方。

③大山之間有很多山谷交叉的地方，就是在斜坡当中，象：“人”字交叉点凹地处，不用深挖就可能 有泉水，而且水較多，在山脚，即山脊直下来的地方，要挖很深才有水且泉水不多。有泉水的地方，要注意泉水的位置是在激流地层，还是硬地层，裂縫或成层的平原，注意泉的涌水量、水质，以便和附近泉水比較，是否是同一层水，同时还必須弄清泉水的类型。平原的来水水源多为伏流所成或古代河床伏流所成，因为有伏流即可断那里有地下水。原沒泉时地表凹处有浅层地下水滲出，离此泉或近或远的丘陵地带将可有自流水涌出来的条件。

④河流弯曲的地方，若兼有滲水的土質，則水量更加充足。另外，在无尾河下游附近，多数有伏流水。

⑤有水井的地方，如附近地質、地层、地形几乎相同，附近也有几眼旧井的地方，則水井深浅，水質如何都知道，并可繪地层剖面图借以推断本区一般地下水情况相同，即可判断这新地方有地下水。

⑥无井又无泉的地方：如地区是良好的渗透地层，有較大的集水面积和較多降雨水量，可以推测有上层水。另外有的山岭背后，因太阳不易直接照射，蒸发小，雨日一般滲入地下，也常可挖出水来。



图6

⑦某区地层渗透性大，并且有較大集水面积，河流又少，則該区必有地下水。又河川如果有渗透地层，河水流量比根据降雨量与集水面积計算水

量少的很多，也就是流出量小，来水量大。

因此推断其附近地下水一定多，这时在河道弯曲的地方，水源一定丰富，如图6。

⑧河流内流量突然减少了，証明河流滲入地下，可能在下游某一地方，地下水又增加了，反之由某一地方河水突然增加了，証明地下水大量补給了河流，因此在該处上游的地方，地下水一定是丰富的。

⑨古河床，即古代被侵蚀的河谷，中間推积了具有透水性的地层或由于冲淤改道的旧河道，都是地下水埋藏丰富的地带。

3. 山区找水：

①牛肝土（即牛肝色的土壤）的地方，可能有牛肝石，牛肝下面多有泉水。

②在有滴出或有水流出的岩石裂隙里，可能找到水源，但应挖一部份看，是否水量增大，如水量不但增加，而且增加很多，就证明有水源，可以继续挖。

③在白云岩（即白色的砂质土）地区，也可能找到深层水（泉水）。

④山上有裂隙的风化岩石，是经常有水流过的，水流过的地方有一条白线，顺着白线往下找，找到白线终止的地方，挖下即可找到水源。

⑤凡地表为砂砾土层，下边又有不透水的粘土或岩盘（基岩），其砂砾层内必有丰富的地下水。

⑥如地层下发现有含石灰质的料姜石层，下亦有地下水。

4. 在旧有水源的地方找水源：

①在已干断的河床，倘若河底有砂砾，即可在河底挖出水源，因为河底是在较低的地方，而且砂砾石层又是良好的透水层，水流已经渗在下面，所以能找出水来。

②旧泉井年久失修，无人管理，被淤塞，要向老农访问，找到旧井泉的位置，把泉眼挖深，泉口挖大，如果泉眼比井水还低（就叫沉底泉），泉水来的缓的时候，可把泉水向下挖深，这样水量就会增加，如果泉眼比井稍高或高低一样（就是浮面泉）即不需再挖了。

③在沟川谷头的地方。

④在已干涸的水塘塘底挖下去，大部份有水源。

⑤在许多废弃的煤窑中，大部份地下水丰富，可以大量利用。

⑥根据旧有水井深浅，地形高低，是否是冲积层，推测地下水分布情况，而决定有无水源。

5. 用实验的方法判断有无水源:

找到上述地方以后, 要选择好位置, 才能施行下边的几种办法的任一种进行实验, 以证实水源的可靠性, 然后进行开挖。

①先挖一公尺深的小坑一个, 在天刚亮的时候去看, 假如坑内有雾气上升, 则可继续挖下去。

②挖一个一公尺深的地窖, 长宽不拘, 用瓷碗一个上涂一层清油, 用1~2市尺深的小土坑, 把碗托住, 使碗口向下, 碗上用干草盖住, 草上再用土盖上(如图7), 过一昼打开进行检查, 如碗内有水珠下滴, 则下面有水源。



图7

③挖一个一公尺深的坑, 点着纸灯笼, 将灯笼放入坑内, 或在坑内生火(如图8、图9), 如果有烟上升, 而且盘旋不散, 则证明下面有泉水。



图8



图9

④用碗盛水, 水面浮一灯草, 置于认为有水源的地方, 并用草席将其围住, 以免被风吹动, 人在席内观看, 如灯草