



农村科学实验丛书



山区找水

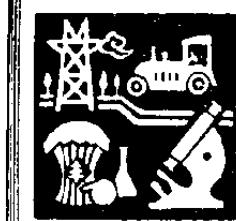
(第二版)

河北省地质局水文地质四大队

《山区找水》编写组 编著

科学出版社

农业学大寨



农村科学实验丛书

山区找水

(第二版)

河北省地质局水文地质四大队

《山区找水》编写组 编著

科学出版社出版
农村版图书编选小组选编

1976

内 容 简 介

本书曾于1974年出版。作者为了加快山区寻找和开发利用地下水的步伐，适应农业大干快上的形势，根据近年来山区找水工作的实践，并吸取了兄弟单位找水经验，对原版书进行了修改和补充，并作为《农村科学实验丛书》之一再版。

本书共分三章：第一章简要地介绍了一般地质和水文地质知识，为初学山区找水工作人员掌握山区地下水的基本特征，及其寻找方法提供了一些基础知识；第二章为本书的重点，对岩石裸露山区地下水的形成、基岩裂隙水和岩溶水的基本特征以及寻找方法进行了总结。在利用泉和民间谚语寻找地下水方面也做了生动的介绍，同时，将物探找水方法和山区找水的一般工作步骤也作了简介；第三章用实例说明山区地下水开采和利用的几种简单方法。

本书可供山区贫下中农、农村水利干部、知识青年和水文地质人员参考。

山 区 找 水

(第 二 版)

河北省地质局水文地质四大队
《山区找水》编写组 编著

*

科 学 出 版 社 出 版
北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1974 年 3 月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1976 年 6 月第 二 版 印张：6 3/8

1976 年 5 月第二次印刷 字数：142,000

印数：41,001—81,850

统一书号：13031·239

本社书号：390·13—14

定 价：0.50 元

“农村版图书”出版说明

遵照毛主席关于“无产阶级必须在上层建筑其中包括各个文化领域中对资产阶级实行全面的专政”以及“要关怀青年一代的成长”的教导，我们从全国近期出版的图书中，选拔出一批适合农村需要的读物，作为“农村版图书”出版，向全国农村推广发行。

“农村版图书”以马克思主义、列宁主义、毛泽东思想为指针，以党的基本路线为纲，根据党的政治任务、农村各项方针政策和三大革命运动的实际需要进行选编。读者对象是广大贫下中农、农村知识青年、农村基层干部和农村中小学教师。“农村版图书”的内容，包括政治读物、社会科学基础读物、文学艺术读物、文化科学读物以及工具书等。

选编“农村版图书”是件新的工作，希望广大读者和有关方面的同志帮助我们做好这项工作。

农村版图书编选小组

再 版 说 明

本书出版以来,得到广大读者的热情支持和帮助,对本书提出了许多宝贵意见。为了加快山区寻找和开发利用地下水的步伐,适应农业大干快上的形势,我们根据读者的意见和一年多来在山区同贫下中农寻找地下水的进一步实践,并吸取兄弟单位的新经验,对本书作了较大的修改和补充。

随着山区找水工作的不断深入和发展,在土层覆盖、岩石露头较少的地方找水的问题越来越突出,单独用地质方法常较困难,若配合物探方法寻找地下水,尚可取得较好的效果。为此,这次再版中,除修改和补充了一些新的找水实例外,又增加了利用物探方法找水一节。利用动、植物和其他物理现象找水的方法,多为群众找水经验的总结,在一定的地区寻找一些埋藏不深的地下水也有实际意义,这次也作了收录。蓄水和水土保持工程对保护和扩大地下水资源都有一定的积极意义,因此在有关部分也作了简单叙述。另外还增加了有关山区找水的一般工作步骤,借以引导初学的同志逐步掌握山区找水的方法。

在修改和补充时,除参考原版引用的兄弟单位的实际资料外,还引用了广东、陕西、云南、安徽等省水文地质队和长春地质学院、河北地质学院的有关资料,在此表示感谢。

由于我们水平有限,加之编写经验不足,差错难免,诚望读者指正。

1975年9月19日

前　　言

随着我国社会主义建设的飞速发展，对水的需要量越来越大，要求也越来越高，因此，对地下水的开发和利用也就更加迫切。特别是地表水源奇缺的山区，对地下水的开发利用就显得更为突出、更加重要。

近几年来，山区广大贫下中农在毛主席关于“**农业学大寨**”的伟大号召下，为了落实毛主席关于“**水利是农业的命脉**”的指示，掀起了一个以解决人、畜饮水和农业灌溉用水为中心的治山治水、改天换地的新高潮。他们日夜奋战在山沟内外、井上井下，为寻找和开发地下水资源作出了巨大的成绩，创造了丰富的经验。如辽宁省的“朝阳地区起宏图”，湖南省零陵县大庆坪公社的“引出千年阴河水，迎来春色换人间”，山西省阳城县的“一滴水可以做出大文章”，河南省密县的“旱龙岗上打深井，粮过千斤五业兴”，河北省满城的“青石山丘取深水，粮棉增产双跨纲”，曲阳县的“因地制宜打斜洞，遍地开花的大口井”以及武安县西寨子大队“基本路线指航向，三翻五倒水上岗”等等。这些经验，为解决山区缺水问题，发挥了巨大作用。

毛主席教导我们：“**思想上政治上的路线正确与否是决定一切的。**”在山区水文地质工作中，围绕着能否解决和怎样解决“山区缺水”的问题，始终存在着两条路线的斗争。

过去，由于刘少奇、林彪一类骗子推行修正主义路线，搞“洋奴哲学”、“爬行主义”，生搬硬套外国的经验，置山区缺水于不顾，只用少数人冷冷清清地搞所谓“测绘勘探”，甚至把一些本来是地下水很丰富的地方草率地划为无水区或贫水区，

严重阻碍了山区缺水问题的迅速解决。

无产阶级文化大革命和批林批孔运动，彻底批判了刘少奇、林彪的反革命修正主义路线，清算了他们在水文地质工作中的滔天罪行，大大地提高了广大水文地质人员的阶级斗争和路线斗争觉悟，提高了执行毛主席革命路线的自觉性。在毛主席光辉哲学思想指引下，近年来，广大水文地质人员坚持实践第一的原则，发动群众，依靠群众，在接受贫下中农再教育过程中，调查缺水山区的山势、岩性、构造和水情，在充分利用已有资料的基础上，与当地贫下中农、干部紧密结合，共同布置井位，一道选择截潜工程位置，下深井、钻山洞、爬高山、穿峡谷，与贫下中农心往一处想，劲往一处使，不管是青石还是红层，不管是洼地还是高山，也不管是过去所谓的无水区或是水位深埋的缺水区，都找到了一定数量的地下水，基本上满足了工农业建设的迫切需要。

实践使我们深刻地体会到，山区缺水面貌变不变，根本在路线。只有认真贯彻执行毛主席的革命路线和党的政策，水文地质人员广泛深入实际，同山区贫下中农、干部一道，发动广大群众，大打山区寻找地下水的人民战争，并且努力普及地质和水文地质知识，大力交流和推广群众寻找地下水的先进经验，才能使山区寻找地下水的工作沿着多、快、好、省地建设社会主义的总路线胜利前进。

为满足山区水利建设的迫切需要，我们在学习贫下中农及兄弟单位经验的基础上，结合近几年来在山区找水工作中的一些体会编写了本书。为记忆方便，对富集地下水的各种地段，多用顺口溜作题目的形式写成，供读者在找水工作中参考。

在编写过程中，引用了黑龙江、福建、江苏、吉林、辽宁、河南、河北、北京、山东、山西、广西等省、市、自治区水文地质队

及其他有关水利部门的一些实际资料，在此特表感谢。

由于我们水平有限，错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

1973年12月25日

目 录

再版说明

前 言

第一章 普通地质及水文地质知识	(1)
第一节 普通地质知识	(1)
一、地壳、岩石及地质作用概述	(1)
二、地质构造概述	(4)
三、地史概述	(16)
第二节 普通水文地质知识	(16)
一、地下水的来源	(17)
二、含水层、隔水层和蓄水构造	(19)
三、地下水的运动	(22)
四、地下水的物理性质及化学成分	(23)
五、地下水的分类	(24)
第二章 山区地下水的基本特征及其寻找方法	(32)
第一节 山区地下水形成的主要条件及其特征	(32)
第二节 基岩裂隙水的基本特征及寻找方法	(35)
一、基岩裂隙水的分类及其特征	(35)
二、沉积岩地区找水方法	(39)
三、火成岩地区找水方法	(78)
四、变质岩地区找水方法	(97)
第三节 岩溶水的基本特征及寻找方法	(108)
一、岩溶发育的一般规律	(109)
二、岩溶水的基本特征	(114)
三、岩溶水的寻找	(117)
第四节 山间河谷第四系孔隙潜水的寻找方法	(125)

一、河漫滩及阶地	(126)
二、找水方法	(130)
第五节 利用泉及其他标志寻找地下水	(137)
一、利用泉寻找地下水	(137)
二、利用其他标志找水	(148)
第六节 利用物探方法找水	(150)
一、电阻率法找水的基本原理	(150)
二、电阻率法找水的适用条件	(152)
三、电阻率法在山区找水中的应用	(154)
第七节 民谚与地下水	(167)
第八节 山区找水的一般工作步骤	(176)
第三章 地下水开采利用的几种形式	(182)
一、深井	(182)
二、竖井	(183)
三、大口井	(183)
四、平塘（或方塘）	(183)
五、斜井	(184)
六、截潜流	(185)
七、集水廊道	(188)
八、井巷取水	(189)
九、群井汇流	(189)
十、泉水利用	(190)
十一、滴水归田	(191)
十二、蓄水工程	(191)
十三、水土保持工程	(193)

第一章 普通地质及水文地质知识

我国北方，干旱少雨，特别是山区，沟谷短小，水源奇缺，广大山区人民为了解决水源问题，在充分利用地表水的同时，积极挖掘地下水，打井就是一种常见的取用地下水的有效形式。在打井过程中，往往可以遇到这样的情况：有的井打不多深就出水了；有的井打了很深还不见水；有的井打在沟谷边，几十米深还没有水，然而打在山坡上的井，没打多深反而出水了……。这是什么原因呢？这是因为地下水存在于岩层与土石之中，它的分布与当地的地质和水文地质条件有关。为了弄清当地的地质及水文地质条件，掌握地下水的分布规律，更好地寻找和开发地下水，这就需要我们具备基本的地质及水文地质知识。所以，我们在介绍山区找水方法之前，先谈谈一般的地质及水文地质知识。

第一节 普通地质知识

一、地壳、岩石及地质作用概述

地壳是地球最外的一层硬壳，它是由各种岩石组成的。在打井工作中，我们经常遇到的各种各样的石头就是岩石。岩石是由矿物组成的。矿物的种类很多，常见的矿物有石英、云母、长石、方解石、角闪石、辉石……等二、三十种。

地壳及其岩石，在空气、水、生物、地震、火山及其他一些因素的影响下，在不断地发生着变化。日常生活中，只要我们注意观察就会发现：岩石表层裂缝较多，比较疏松，越到里面

越是坚实。为什么会有这样的现象呢？因为日晒夜露、风吹雨打、冷热变化等气候条件对岩石表层年深日久的长期作用，结果使坚硬的岩石表层变得疏松了，但深部的岩石受到的影响不大，仍然是坚实的。当疏松的土石被流水、风等带走之后，下部坚实的岩石又暴露于地表遭受破坏，长期往复，地表原来的面貌就发生了改变。例如夏天下大雨的时候，汹涌澎湃的山洪携带着大量的岩块、泥砂，猛烈地冲刷着岩石，整块的岩石或岩层逐渐遭到破坏。破坏了的岩石碎块被洪水带走，在水流缓慢的平坦地方又堆积起来。这样，流水不但改变了雨前的地表面貌，同时也为新的岩石形成准备了物质基础。同样，动物的活动、植物的生长、人类的生产建设等等，对地壳的面貌也都在不断地起着破坏和改造的作用。我们常说的地壳运动、火山爆发、地震、山崩、地陷、岩层的断裂和弯曲等等作用，不但强烈地改变地壳面貌，而且还使整个地壳的构造也变得更加复杂。

改变地壳构造和面貌、并促使新的岩石形成的这种种作用，地质上称为地质作用。各种地质作用的结果，就产生各种地质现象。现在我们所见到的各种地质现象，就是在漫长的地质年代中由各种地质作用所留下来的痕迹，这些痕迹现在仍在不断地发生着变化。

地质作用按能量的来源分为：外力地质作用——风化作用（包括物理风化、化学风化、生物风化）、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用、硬结成岩作用；内力地质作用——地壳运动、岩浆活动、地震作用、变质作用。

外力地质作用是由地球外部力量引起的，能量主要来源于太阳。如前面所述，各种岩石在大气、水及生物的联合作用下，岩石或组成岩石矿物的物理性质或化学成分发生了改变，结果使原来较完整坚硬的岩石遭到破坏，变成了碎块或岩末

(风化作用)。破坏了的岩石碎块和岩末,经过风、流水、冰川、海浪、海潮等的剥蚀、搬运(剥蚀和搬运作用),使其在适当的地方堆积下来(沉积作用)。这些堆积物质常常是成层的、松散的。随着沉积作用的继续进行,沉积物质逐渐增多加厚。由于自身的重量,使下部的沉积物所承受的压力越来越大,松散的沉积物便在这新的环境下进行紧结、压密、脱水、胶结、重结晶等各种物理和化学变化,形成坚硬的岩石。这种使松散沉积物变为坚硬岩石的作用,就称硬结成岩作用。这样生成的岩石就叫做沉积岩。如我们常见的呈层状分布的岩层就是沉积岩。常见的沉积岩有石灰岩、白云岩、页岩、砂岩、砾岩、煤层等。

内力地质作用是由地球内部的力量引起的。据目前研究可知,其力量来源主要是地球的自转和公转,以及地球内部放射性元素散发的能量(这问题还在研究之中,说法不一)。由于这些力量的作用,地球内部的物质不断运动,引起地壳的结构构造改变。在一定的地质时期中,使地壳的某些部分长期缓慢上升,某些地方长期缓慢下降(地壳的升、降运动),某些地方岩层发生变位,产生褶皱和断裂构造(褶皱、断裂运动)。一旦地壳的某一部分压力减低(如断裂等薄弱部位),处于地球深部的高温高压的潜柔状态物质就会转变为高温粘稠流动的岩浆。岩浆在地壳内部的压力作用下便向地壳浅部运动(岩浆活动)。当穿破地壳喷出地表,就造成火山(火山活动)。火山喷出的岩浆物质冷凝而成的岩石,称为火山岩或喷出岩,如流纹岩、安山岩、玄武岩、凝灰岩等等。若岩浆未喷出地表,仅侵入地壳当中,称岩浆侵入活动,其冷凝形成的岩石称侵入岩。如常见的花岗岩、闪长岩、辉长岩等,它们常呈各种岩体出现。

由于岩层断裂和火山喷发,常常会引起地壳的颤动,即地震(构造地震和火山地震),地震的传播和所引起的结果就是

地震作用。强烈的地震作用常常会造成山崩地裂、房屋倒塌等自然灾害。其他，由于山崩、地陷、人工爆破等也可引起地震，但这些地震都较轻微，亦不属于内力地质作用的范畴。

原先形成的岩石（包括沉积岩和火成岩），在地壳运动发展变化过程中，由于温度增高，压力增大，以及外部物质成分的影响，在固体状态下发生矿物成分的改变，并使岩石和体积缩小、密度加大，从而形成新的岩石。这种作用称变质作用。变质作用又可按其成因和本身的特征分为：区域变质作用、接触变质作用和动力变质作用。由变质作用产生的岩石称变质岩。若原岩为沉积岩称副变质岩；原岩为火成岩称正变质岩。常见的各种板岩、千枚岩、片岩、片麻岩等都是变质岩。

二、地质构造概述

岩层的水平、倾斜、弯曲、断裂等现象，称地质构造。地质构造主要为地壳运动所形成的。地壳发生运动，表明地壳的岩石内部有一定的地应力存在，当地应力超过了岩石的强度时，岩层就开始变形（拉伸、压缩），进而弯曲、断裂，这样就形成了褶皱、断裂等一系列构造现象。为了叙述方便，下面以沉积岩为例，谈谈各种地质构造现象。

（一）岩层的变位

岩层，它是在一定的地质历史时期和地质环境中形成、由两个平行或近于平行的面所限制的某种岩石所组成的地质岩体。岩层在其形成过程中，无论是空间上或是时间上都有一定的先后顺序，即岩层的层位。沉积岩层形成以后，在没有受到变动以前，绝大部分都是连续和近水平状态的。但由于地壳运动的结果，我们现在看到的岩层常常是弯曲的、倾斜的，有的甚至是直立或断开的，这就是岩层发生了变位或称构造

变动。岩层发生了层位变动的叫变动层位，没有发生变动的层位叫原始层位。常见的绝大部分岩层都是经过变动了的变动层位。

为了明确表示岩层的空间位置，进而确定岩层的层位，通常是用岩层产状来表示的。岩层的产状，就是岩层在空间位置上存在的状况，常用岩层的走向、倾向、倾角三个要素来表示(图1)：

走向：倾斜岩层的层面与水平面交线的方向(图1中AB)；

倾向：顺着岩层倾斜面垂直走向的方向(图1中C→D)；

倾角：层面与水平面之间的夹角(图1中 α)。

这三个要素一般是用地质罗盘在野外直接测量出来的。

(二) 褶曲

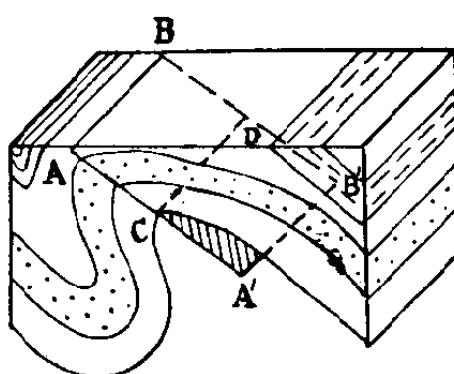


图2 不对称褶曲的立体图解

AB——轴线, AA'B'B——轴面,
CD——枢纽。

岩层受了构造变动，常形成连续波浪状的弯曲，其中的每一个弯曲，无论是向上弯或是向下弯，都叫褶曲。褶曲的中心部分叫核或叫核部；两边部分，也就是核部两侧岩层所占的部位称翼部；两翼的交角叫顶角；从顶角把褶曲平分为两半的一个假想面叫轴面(图2 AA'B'B)；轴面与水平面的交线称褶曲轴或轴线(AB)；轴面与岩层面的交线称枢纽(CD)。研究褶曲就是通过对褶曲

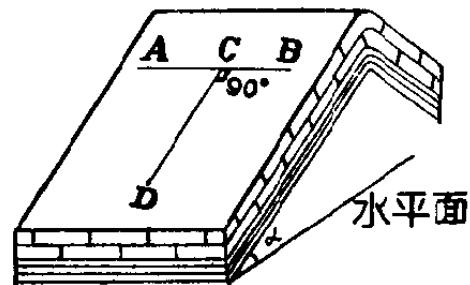


图1 岩层产状要素示意图

上述各部分的特征来进行描述和分辨的。

褶曲是褶皱变动的最基本单位。它有背斜和向斜两种基本形式。

背斜：核部为先生成的岩层，翼部为后生成的岩层，即中间岩层老，翼部岩层新，常为两翼岩层相背倾斜的形态。

向斜：核部为后生成的岩层，翼部为先生成的岩层，即中间岩层新，翼部岩层老，常为两翼岩层相向倾斜的形态。

褶曲按轴面和两翼岩层产状特征可分为：

对称褶曲：两翼岩层以轴面对称；

不对称褶曲：两翼岩层相对轴面不对称；

直立褶曲：轴面直立，两翼岩层倾角近等；

倾斜褶曲：轴面斜歪，两翼岩层倾角不等，向两个方向倾斜，又叫斜歪褶曲；

倒转褶曲：轴面和两翼岩层同向一个方向倾斜；

平卧褶曲：轴面近水平，两翼岩层迭垒（图3）。

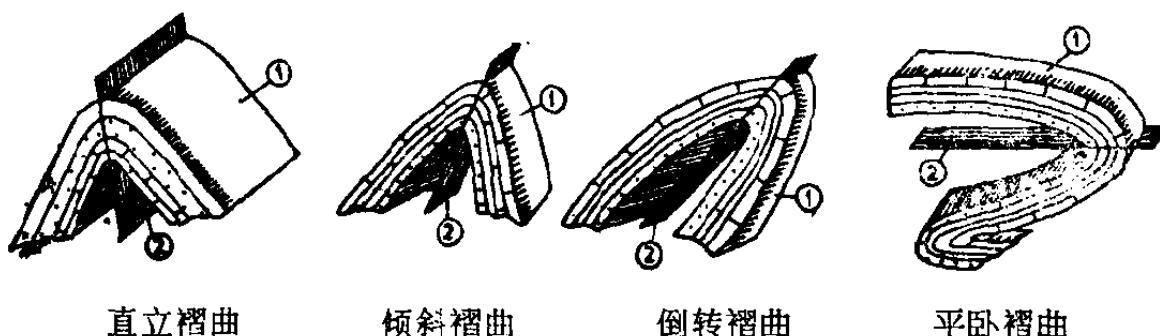


图3 不同类型褶曲立体剖面图解

①翼部； ②轴面。

另外，岩层向四周倾斜，核部为先生成的岩层叫穹窿构造；当四周岩层倾向中心，核部为后生成的岩层时，叫盆地构造或构造盆地；当褶曲的枢纽向一方倾斜没于地下的叫倾伏褶曲。

由多个褶曲组合而成的总体向斜叫复向斜；多个褶曲组

合成的总体背斜叫复背斜(图4)。复向斜和复背斜实际上也是褶皱的一种形式。

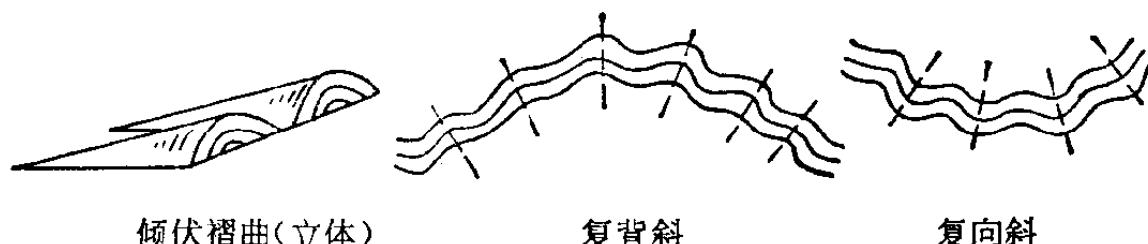


图4 不同褶皱形态示意图

褶曲的形态很多，根据不同的分类原则和方法可以划分出很多类型。上面介绍的是基本的和常见的几种，其他如箱形褶曲、扇形褶曲、层形褶曲、翻卷褶曲、挠曲等等，就不一一介绍了。

褶曲的规模变化是很大的。有的一个褶曲就可以构成一座大山或一群山，而有的褶曲小到一块岩石标本上就可见到。对于规模较大的褶曲，往往因构造破坏或地形影响出露不全，不易直接判别，所以在野外工作中，必须认真地对褶曲进行观察和分析，才能得出正确的结论。研究褶曲，首先在于正确认识地层的岩性特征、岩层产状和它们的新老(地层时代)配置关系，然后鉴别属于什么样的褶曲，是否有利于蓄集地下水。否则，鉴别不准，就会出现打井遇不到水层，打矿见不到矿层。

(三)断层

岩层受力裂开并产生位移叫做断层。发生位移的破裂面叫断层面。它一般是一个倾斜面，常用走向、倾向、倾角表示(与前述岩层产状要素类同)。断层面与地面的交线叫断层线，它代表断层在地面的延伸方向(图5A)。当产生断层时，岩石首先破裂，破裂下来的岩块夹在断层之间，位移时挤压破碎，同时摩擦断层面，因而在断层面上就留下了一些擦痕(图

5 B), 如果这些具有棱角的碎石以后经胶结成为坚硬岩石时, 则称断层角砾岩(图 5 C), 若用肉眼不能分辨角砾的称糜棱岩, 再细如粘土状者称断层泥。

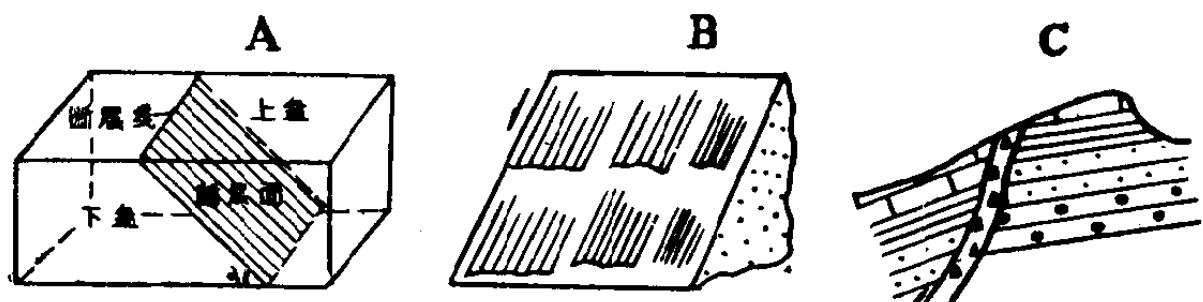


图 5

A. 断层要素; B. 断层面的擦痕阶梯; C. 正断层裂缝中的角砾岩。

断层面把岩层分为两部分, 在断层面上边的部分叫上盘, 断层面下边的部分叫下盘(图 5 A)。根据上盘与下盘相对位移的状况将断层分为下列几种:

1. 正断层: 上盘相对下降, 下盘相对上升。若正断层连续发生, 并大致平行地向一侧依次下降成台阶式的排列叫做阶梯式断层(图 6 A); 若两侧上升, 中间陷落, 则称地堑(图 6 B); 若两侧陷落, 中间上升, 则称地垒(图 6 C)。

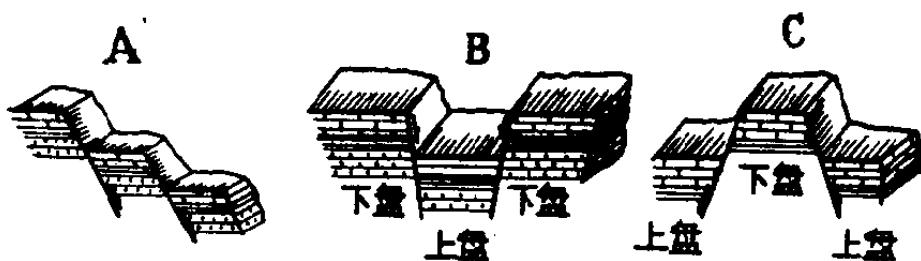


图 6

A. 阶梯断层; B. 地堑; C. 地垒。

2. 逆断层: 上盘岩层相对向上移动, 下盘岩层相对下移。若断层面倾角大于 45° , 称冲断层; 小于 45° 而大于 25° 的叫逆掩断层; 小于 25° 的叫辗掩断层或辗掩构造。逆断层的特

点就是在断层面的同一位置两侧上盘岩层较老，下盘岩层较新。若上盘岩层某一部分风化剥蚀使下部岩层出露地表，如同“天窗”一样，则称构造窗；若原来盖在上部的老岩层大部分被剥蚀掉，仅有孤立残留部分叫飞来峰（或叫帽顶构造）（图7 A）；若几个倾向一致的逆断层连续排列，叫瓦迭状构造（图7 B）。

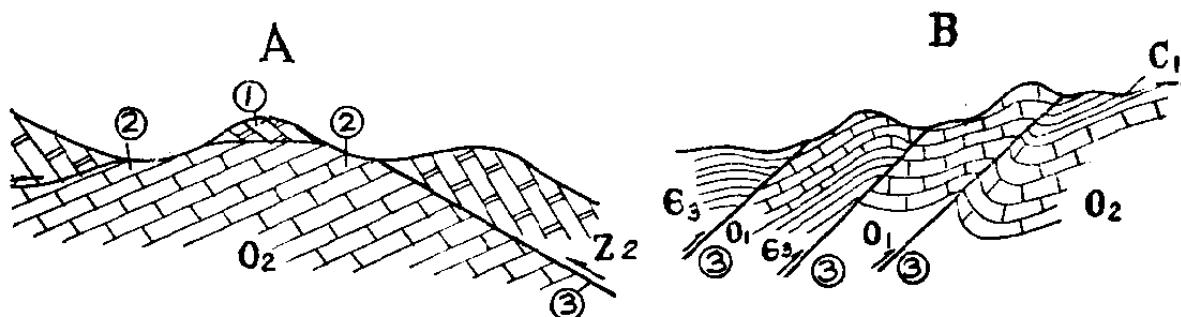


图7 逆断层剖面示意图

A. 飞来峰及构造窗； B. 瓦迭状构造。

① 飞来峰；② 构造窗；③ 逆断层。

C₁ 下石炭统；O₂ 中奥陶统；O₁ 下奥陶统；E₃ 上寒武统；Z₂ 中震旦统。

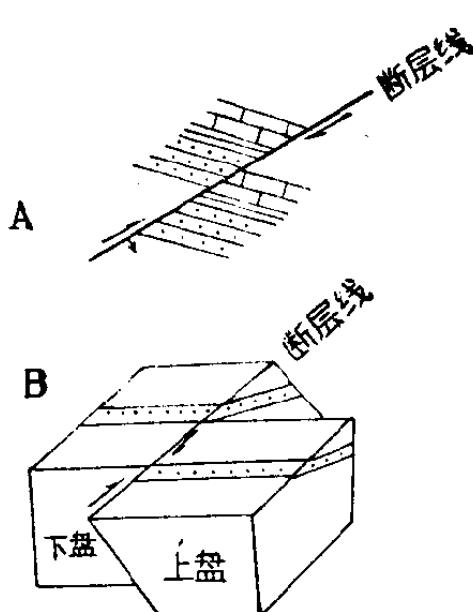


图8 平推断层示意图

A. 平面图； B. 立体图。

3. 平推断层(平移断层)：

断层的两盘基本上没有垂直（上、下）的位移，两盘岩层只沿断层线方向有水平移动（图8）。其断层面可以是近直立的，也可以是倾斜的。一般倾角较陡。

此外，按照断层线的走向与岩层走向、褶曲轴向的关系，断层又可分为：

走向断层：断层走向与岩层走向一致；

倾向断层：断层走向与岩

层倾向一致；

斜向断层：断层走向与岩层走向斜交；

纵断层：断层走向与褶曲轴向一致；

横断层：断层走向与褶曲轴向垂直；

斜断层：断层走向与褶曲轴向斜交。

若根据断层形成的力学性质可分为：

压性断层：由压应力作用形成。断层面常成舒缓波状，两侧岩石呈挤压状破碎，在挤压作用的影响下常形成断层泥（粉）、构造透镜体、糜棱岩等破碎物质，破碎带常有不同程度的硅化、蛇纹石化、绿帘石化等动力变质现象。多数逆断层和逆掩断层属压性断层。

张性断层：由引张应力作用形成。断层面比较粗糙而不平整，张裂隙发育，断层破碎带质地较疏松，有时有岩脉或矿脉充填。多数正断层属张性断层。

扭性断层：由剪切应力作用形成。断层面平直、光滑，常有大量水平擦痕，延伸比较稳定。大部分平推断层和一部分正断层属扭性断层。

压扭性断层：由挤压和剪切应力共同作用形成。同时具有压性和扭性断层的特征。如斜冲断层。

张扭性断层：由引张和剪切应力共同作用形成。同时具有张性和扭性断层特征。如上盘斜落的正断层。

上面介绍的几种断层形式，是野外工作常见的断层特征简化后的形式，实际上并非象图上画的那样简单、标准、好认，而是很复杂的，往往是以一种形式为主，兼有其他断层形式的特征。我们在野外如何来认识断层呢？

1. 沿断层带上常有断层角砾岩和糜棱岩或断层泥；断层面上常可见擦痕；断层两侧岩石破碎、裂隙密集，或者岩层出现牵引褶曲；有时沿断层还有火成岩侵入。

2. 沿同一岩层走向上岩层突然中断而出现别的岩层(岩层被错开),沿岩层倾斜方向,正常的新老岩层层位突然缺失或者重复出现,这两种情况均可能是断层造成。但必须注意,这种重复出现必须是1、2、3、4层后又出现1、2、3、4层(或2、3、4层、3、4层)。而当出现1、2、3层后又出现3、2、1层者,则不一定是断层造成,可能是属于背斜、倒转褶曲、扇形褶曲造成(图9)。

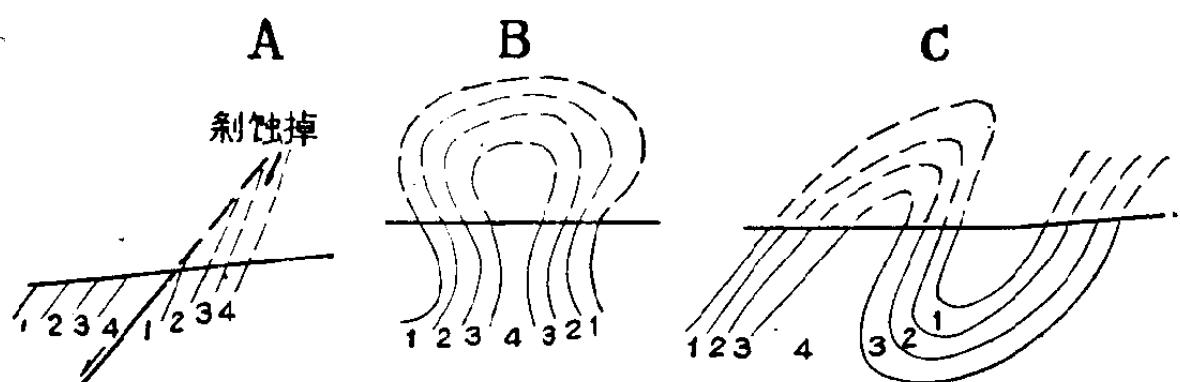


图9 断层和几种褶曲形态示意剖面图

A.断层; B.扇形褶曲; C.倒转褶曲。

3. 沿褶曲轴向方向,褶曲的核部突然变宽或变窄,如横断层、斜断层使上升盘的背斜核部变宽,向斜的核部变窄,而下降盘的情况正好与上升盘相反。

4. 从水文地质条件上看,往往沿断层走向线上有泉水出露,或者分布一系列的潮湿洼地和天然坑塘,或者溪流入地消失。

5. 从地形地貌上看,由于断层带岩石破碎,易遭受风化剥蚀,常形成沟谷洼地或山梁的垭口、陡崖,或者是连续的山脊被断开而形成三角面山。

总之,判断断层的存在和性质是一项比较复杂的工作,要综合考虑各种因素进行分析,因为现存的断层并不一定是一次构造变动的结果,而可能是经过多次构造变动,同时常因覆

盖或被破坏出露不全，不易辨认。但是断层的产生和存在不是孤立的地质构造现象，它常与褶曲、裂隙及附近的火成岩侵入体等相继伴生(图10)。所以，只要仔细观察、综合分析判断，还是能够得到比较可靠的结论。

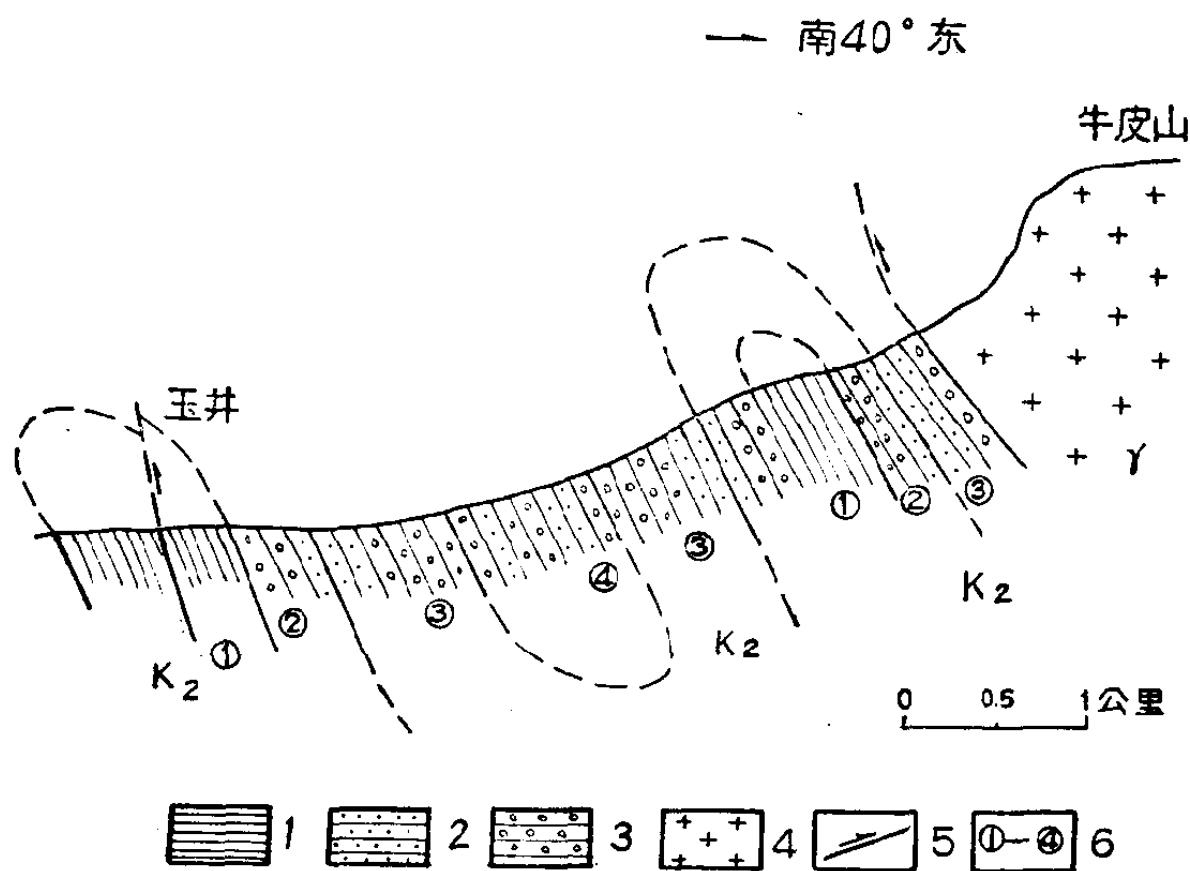


图10 玉井至牛皮山地质剖面示意图

- 1. 页岩；2. 砂岩；3. 砾岩；4. 花岗岩；5. 逆掩断层；
6. 地层序号。

K₂ 上白垩统；γ 花岗岩。

(四) 裂隙

岩石受力裂开，沿裂面没有明显位移叫裂隙。通常指的就是岩石的裂开面。

裂隙在岩层中十分普遍，常成群而有规则的出现。同一时期、同一地质环境、同一构造作用力形成的相互平行或近于

平行的裂隙称裂隙组；彼此有规律结合的两个或两个以上的裂隙组称裂隙系；若裂隙呈有规则的组合把岩石分割成有一定几何形体的岩块，则称节理，如喷出岩的柱状节理、板状节理、球状节理等。若在岩石的某一部位沿一定方向上裂隙特别集中，则称裂隙密集带。

某组裂隙在单位面积或单位体积中的数目称裂隙频度，常以某组裂隙面垂直方向上每米距离中裂隙的平均数表示。频度大小表示岩石中裂隙发育的程度，它与岩层厚度、岩石性质和埋藏深度、构造变动的强弱都有关系。在同样条件下，薄的岩层比厚的岩层频度大；泥灰岩、粘土岩类比相同厚度硬脆的灰岩、砂岩频度小；地下浅处比深处频度大。

裂隙根据张开程度分为开口的、闭合的和隐蔽的三种。开口裂隙两壁张开，具明显的空隙，常为地下水活动的通道，在找水工作中具有重要意义。

根据裂隙的成因又可分为：

原生裂隙：即岩石生成过程中形成的裂隙。如沉积岩中的龟裂（泥裂）、喷出岩中的柱状、板状节理等；

次生裂隙：岩石生成后由外界的作用形成。如构造变动中形成的构造裂隙，风化作用形成的风化裂隙等。

按裂隙形成的力学性质，还可将构造裂隙分为：

张裂隙：引张力造成。裂口微微张开，裂隙面粗糙，一般无擦痕；

剪裂隙：切应力造成。常是闭合的裂缝，裂隙平直，有时可见擦痕及滑动沟、滑动镜面等。

岩层中的裂隙发育程度，直接影响着岩石的透水程度和含水性，同时也影响着岩石的强度，所以对裂隙发育规律的研究，在找水工作中占有重要地位。

表1 地 史

代 (界)	纪 (系)	世 (统)	符 号	经历最大年 (万年)	距今最大数 (万年)
新生代 (界)	第四纪(系)	全新世(统)	Q	Q ₄	300
		晚更新世(统)		Q ₃	
		中更新世(统)		Q ₂	
		早更新世(统)		Q ₁	
		上新世(统)		N	N ₂
	第三纪(系)	中新世(统)	R	N	N ₁
		渐新世(统)		E ₃	7700
		始新世(统)		E ₂	
		古新世(统)		E ₁	
中生代 (界)	白垩纪(系)	晚白垩世(统)	K	K ₂	8000
		早白垩世(统)		K ₁	
		晚侏罗世(统)		J ₃	
		中侏罗世(统)		J ₂	14000
	侏罗纪(系)	早侏罗世(统)	Mz	J ₁	
		晚三迭世(统)		T ₃	19500
		中三迭世(统)		T ₂	
		早三迭世(统)		T ₁	
	三迭纪(系)				23000
		晚二迭世(统)	Pz	P ₂	
		早二迭世(统)		P ₁	
		晚石炭世(统)		C ₃	28000
		中石炭世(统)		C ₂	
		早石炭世(统)		C ₁	
		晚泥盆世(统)		D ₃	35000
		中泥盆世(统)		D ₂	
古生代 (界)	泥盆纪(系)	早泥盆世(统)		D ₁	41000
		晚志留世(统)	S	S ₃	
		中志留世(统)		S ₂	44000
		早志留世(统)		S ₁	
		晚奥陶世(统)	O	O ₃	
		中奥陶世(统)		O ₂	50000
	志留纪(系)	早奥陶世(统)		O ₁	
		晚寒武世(统)	E	E ₃	
		中寒武世(统)		E ₂	10000
		早寒武世(统)		E ₁	
元古代 (界)	晚元古代 (界)	晚震旦世(统)	Z	Z ₃	60000
		中震旦世(统)		Z ₂	
		早震旦世(统)		Z ₁	
	早元古代 (界)		Pt		170000
		滹沱纪(系)		Pt ₁	
太古代 (界)	五台纪(系)		Ar	Ar ₂	250000
		泰山纪(系)		Ar ₁	>350000

注：“代”、“纪”、“世”是地质时代单位名称。括号内的“界”、“系”、“统”古生代，则其对应的地层为上(下)古生界。晚(中、早)寒武世的对应

简 表

地壳运动	主 要 生 物	我 国 地 史 主 要 特 点
喜马拉雅运动	人 类 时 代	冰川广布，地壳强烈运动，人类出现
	兽 类 时 代	主要成煤期，哺乳动物、鸟类剧烈发展
燕山运动	爬行动物——恐 龙时代	东部造山运动，岩浆活动强烈，形成了 多种金属矿产
		大部分地区已上升成陆地，主要成煤期， 恐龙极盛，出现鸟类
印支运动		华北为大陆，华南为浅海、恐龙发育
海西运动	成 煤 时 代	华北从此至今一直为陆，主要成煤期， 华南浅海，晚期成煤
	鱼 类 时 代	华北时陆时海，到处成煤；华南为浅海， 珊瑚、腕足类、两栖类极盛
加里东运动	无脊椎动物时代	华北仍为陆地，遭受风化剥蚀；华南为 浅海，陆生植物发展，鱼类极盛
		华北为陆地，华南为浅海，珊瑚、笔石 发展
		地势低平、海水广布，中奥陶世以后华 北上升为陆地，三叶虫、腕足类、笔石 极盛
		浅海广布，生物初步大发展，三叶虫极 盛
吕梁运动	原 始 单 细 胞 生 物 时 代	开始有沉积盖层(并保存下来)，出现低 级生物
五台运动	未发现生物化石	晚期造山作用强烈，所有岩石均遭变质
		地壳运动强烈，变质作用显著

是和“代”、“纪”、“世”相对应的地层单位。在应用时，如地质时代为晚(早) 地层
为上(中、下)寒武统，……。以此类推。

三、地 史 概 述

我们现在看到地壳上的各种岩石和地质构造，都是各种地质作用在漫长的地质历史过程中形成的。地壳也有它自己的历史，简称地史。根据什么来了解地壳演变的历史呢？主要是根据现代地壳上的岩层、构造和地质作用及其产生的各种地质现象，去分析推断古代各地质时期的古地理和古气候环境、地壳运动状态、生物的活动和演变、各种地质作用的演变及形成的岩层分布状况等等。

岩层地质年代的确定，主要有两种方法：一是利用放射性元素（如 U_{238} ）蜕变的原理测定地层的绝对年龄；二是通过岩层中所含古生物化石的对比和用岩石学方法建立地层的生成顺序来确定岩层相对年龄。根据绝对年龄的测定，目前已知地壳上最古老的岩层已有三十多亿年的历史。

研究地壳历史，也与研究人类活动的历史相仿。我国历史有夏、商、周、秦、汉……等朝代划分，地史上则有太古代、元古代、古生代、中生代、新生代等时代划分。代在地史上是最大的时间单位，它的下面分为几个纪，纪下面又分为世，世下面还分几个期。这样，代、纪、世、期就构成了地史中的时间单位系统。与代、纪、世、期各地质时期相对应形成的岩层，我们称为界、系、统、阶。界是最大的地层单位，一个界分为几个系，一个系又分几个统，一个统还分几个阶。通过代、纪、世、期的地史时代划分和界、系、统、阶的地层划分，就把地壳发展演变的历史比较清晰地反应出来了（表1）。

第二节 普通水文地质知识

水在自然界中，以气体、液体、固体三种形态存在于大气

层、地表和地下的岩层中。埋藏在岩层中的水称地下水。它以水气、结合水、毛细水……重力水等形式存在于岩层中。如在挖井过程中常可见到这样的情况：开始土层看起来是干的，往下土石逐渐潮湿，进而见水。为什么会有这样的现象呢？这就是岩层中存在着按一定规律分布的不同形式的地下水的缘故。开始土层看起来是干的，好象没有水，实际上在岩层空隙中已存在着气态水和不受重力支配、不能流出的结合水；往下潮湿是出现了毛细水，它在毛细力的作用下不受重力支配，也不能自由流出来；最后见到的是重力水，它在重力作用下运动，因而井中才出现水。

一、地下水的来源

下雨以后，地表坑塘或低洼地都会蓄积不少的水。可是有的地表集水并没有向外流出，但时间不长就很快干涸了。这些水到哪里去了呢？注意观察自然的人很快就会回答：除蒸发之外，大部分都漏到地下去了。确实也是这样，水在自然界中并不是孤立地存在着的，地下水与地表水和大气层中的水，在太阳辐射热和重力的作用下处于不断运动、互相转化的循环过程中，它们之间有着十分密切的联系。如图11所示：地表的江、河、湖、海，以及湿地和地下浅部的水，在太阳热能的作用下，从水面、地表或通过植物不断地蒸发或蒸腾成水气进入大气层中，随着气流运移，在一定的环境条件下，凝结成雨、雪或冰雹降至地表。降至地表的水，一部分汇入江河流入湖海；一部分与地表水体一同渗入地下，形成地下水；一部分又与江河湖海中的水一道再次蒸发进入大气层中。从海面蒸发进入陆地又返回海洋，即完成一次循环——称为大循环或外循环。当海面蒸发又降至海面或陆地江、河、湖蒸发及植物蒸腾又降至陆地则为小循环或叫内循环。

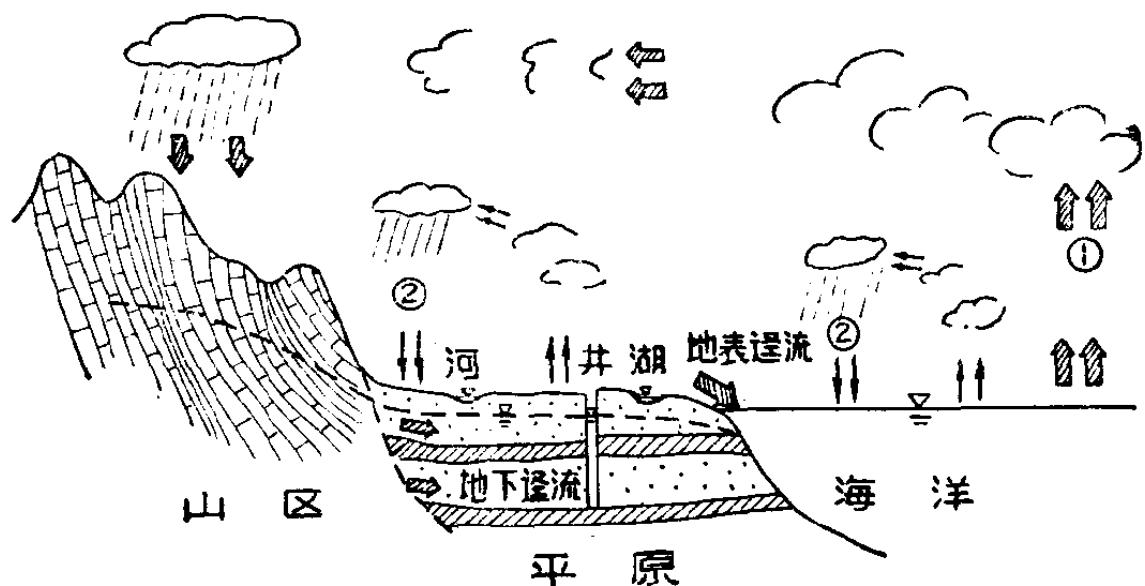


图11 自然界中水的循环示意图

①水的大循环流向；②水的小循环流向。

很多实际资料表明：不仅埋藏在地壳上部的地下水与大气降水有关，而且埋藏在地壳深处、并有较高温度和特殊化学成分的地下水，也与大气降水及地表水体有关，即深部的地下水源于大气降水和地表水。

大气降水和地表水补给地下水主要是通过渗透作用来实现的。渗透是一个相当复杂的过程。当大气降水或地表水向干燥岩石渗透时，在地表水柱压力、重力和毛细力的影响下，首先沿着岩石颗粒间的孔隙或裂隙向下进行，当非饱和水的岩层完全被水充满之后，毛细力作用停止，在压力水头和重力作用下呈垂直渗透水流向下运动而补给地下水。

必须指出：降水、融雪及地表水体向地下岩层的渗透作用，在不同的条件下是很不均匀的。一般在岩石疏松、裂隙发育的积水低地、地表植被发育及地下水位较深的地带、地表水流速甚缓或停滞的地带渗透作用较强烈；相反则弱。

地下水除了从大气降水和地表水体获得补给来源之外，在日夜温差很大的沙漠、石漠（戈壁滩）等严重干旱地区，大气降水很少，地下水的来源可以是土石孔隙中的水汽凝结而成。

因为水汽可由水汽压力大(水汽多)的地方向水汽压力小(水汽少)的地方运动，而当水汽压力相等时，则水汽本身又可由温度高的地方向温度低的地方运动。这样，空气中的水汽在运动过程中，与较冷的岩石颗粒表面接触，逐渐凝结形成地下水。这种水常为沙漠地区地下水的重要补给来源。根据这一原理，我们可做这样一个实验(如图12所示)：在沙丘上挖一漏斗状的壕，四周用不透水的物质砌衬，然后在壕中填满砂，从壕底引一细管至地面，形成的凝结水沿此管流出。为了增大大气中与砂中空气的温差，在砂的表面铺一层白垩或石灰，以促进水气最剧烈的凝结。此种装置在缺水沙漠和石漠地区可以获得一定量的地下水。

关于地下水的其他来源，还有岩浆活动时从岩浆中散发出来的水气冷凝和沉积岩在沉积时孔隙中原有水分的储存等说法，但这样形成的地下水对工农业及生活供水没有实际意义。

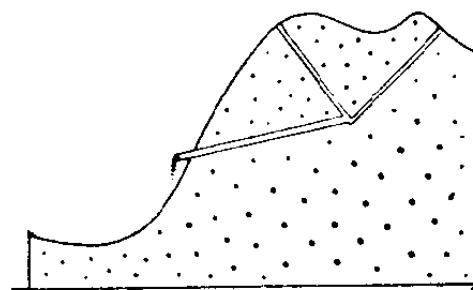


图12 冷凝器装置

二、含水层、隔水层和蓄水构造

地下水存在于岩层的空隙中，但并不是所有有空隙的岩层都含水。由于岩层的空隙大小不同，岩层有透水的和不透水的，其中只有透水的岩层才可能含水。在打井中，我们经常可以见到：有的岩层空隙大而多、连通性好，重力水能顺利地透过，含水丰富，出水量大；有的岩层空隙小而少，连通性差，重力水在其中流通不畅，但可透过，其含水甚弱，出水量很少；有的岩层虽然也有空隙，但十分细小，岩石颗粒表面的分子引力和空隙的毛细力控制了整个空隙，其中仅存在结合水和毛

细水，它们不受重力影响，不能传递静水压力，对重力水起阻滞和阻隔的作用，使重力水不能透过，也不含重力水。可见岩层含水与岩层透水关系是十分密切的，即含水的岩层必须具有能透水的空隙，当其透水岩层空隙充满重力水时，就称含水层。但并不是所有的透水的岩层就是含水层，含水层的存在，除岩层透水、有容纳水的空隙外，还必须具备保存水的条件——下部要有隔水层托水，同时还要有足够的水源使透水岩层的空隙不断充满水。具备这些条件才能成为含水层，否则不能成含水层。如在找水中，常会见到有的岩层空隙大而多，连通性较好，透水性也强，但因下部没有隔水层托水，或者是因为补给的水源不足，岩层中就没有水。这种只能透水而不能含水的岩层叫做透水层。由于岩层含水具有上述条件，所以在打井中，常要挖到一定深度才能见到含水层，也就是通常称的地下水位。这个水面的海拔高度就是我们常说的地下水位。地下水位到地表的距离称水位埋深(地下水埋藏深度)。地下水位以上的岩层，常充满空气，又称饱气带；地下水位以下的岩层，空隙中都充满水，称饱水带。含水层便分布在饱水带中。

含水层按其含水空隙的性质分为：孔隙含水层，如具有孔隙的各种砂、卵石、砾石含水层；裂隙含水层，如具有裂隙的各种砂岩、砾岩、变质岩及火成岩等含水层；岩溶含水层，如岩溶发育的各种石灰岩、白云岩、大理岩等含水层。按照含水层含水的多寡，含水层还可分为强含水层和弱含水层。强含水层含水性能较强，如卵石、砾石、岩溶发育的石灰岩及白云岩等含水层；弱含水层含水性能较弱，如粉细砂和裂隙不发育的砂页岩、变质岩、火成岩等含水层。

隔水层指的是重力水不能透过的岩层。在第四纪松散岩层中，各种粘土、重亚粘土层，虽然它们的孔隙很多，但因极细

小，在岩层颗粒分子吸引力和孔隙毛细作用力的影响下，重力水不能透过而成为隔水层；在坚硬的岩层中，如页岩、埋藏在地壳深部的各种侵入岩、片麻岩……裂隙极不发育且闭合，水渗透极弱，可视为相对隔水层。

岩层的含水与隔水是相对的，是有条件的，同时也常是从整个岩层的特点来说的，含水层相对隔水层而言，在一定的条件下，有的含水层也可作为相对隔水层。如松散岩层中的亚砂土，相对粘土是含水的，相对于砂砾石等强含水层而言，又是隔水层；坚硬岩层中的砂岩，相对于强含水的岩溶化灰岩为隔水层，而相对于页岩又可作为含水层。隔水层也是相对含水层而言，通常认为隔水的岩层，在一定的条件下也可能含水，如坚硬岩层中的页岩，在地质构造发育、地形低洼、风化裂隙发育的地方，浅部也可成为含水层。

从上述可知，含水层的存在，离不开隔水层。实际上在自然界中，含水层和隔水层常是按照一定组合方式出现的。人们把由含水层和隔水层相互组合，并有利于富集和储存地下水的地质构造称蓄水构造。

蓄水构造是从地下水的角度出发研究地质构造得出来的概念。很显然，蓄水构造与地质构造是密切相关的。在山区，常见的蓄水构造有：单斜蓄水构造；向斜蓄水构造；背斜蓄水构造；断层蓄水构造；侵入接触蓄水构造；脉岩蓄水构造；岩溶暗河蓄水构造；壳状（风化）蓄水构造；桌状（滞水）蓄水构造；山间河谷蓄水构造；山前冲洪积蓄水构造以及综合性蓄水构造等。地下水就蓄存在各种蓄水构造的含水层中。各种蓄水构造，其含水层和隔水层的组合分布都有一定的规律，每种蓄水构造中的地下水分布和埋藏都有它自己的特点。因此，山区寻找地下水，在某种意义上说，实际上是寻找各种蓄水构造。我们认识了蓄水构造，找到了含水层，也就找到了地下水。所

以在山区寻找地下水的工作中，不仅要注意寻找含水层和隔水层，同时还要研究蓄水构造。

三、地下水的运动

地下水接受补给的地区叫补给区。以泉的形式溢出地表的地区称排泄区。从补给区到排泄区，地下水流经的区域称迳流区。地下水在重力作用下，总是不断地由补给区向排泄区流动，这种流动称迳流，流动的方向称流向。日常生活中，井水取用了很多，过一段时间又恢复上来；旱季水位下降，雨季上涨；泉水不断地外流等等现象，都足以说明地下水是不停地在运动着。

由于地下水埋藏在岩层中，要发生迳流运动就必须具备岩层透水和水头差两个条件（迳流条件）。岩层的透水性，主要决定于岩石的孔隙、裂隙、孔洞的大小和发育程度。对松散岩层来说，孔隙越大越多，透水性越好，反之则差；对坚硬的裂隙岩层，裂隙宽度越大、数量越多、连通性越好，则透水性越强；对碳酸盐类岩石，除裂隙的发育状况外，还与岩溶发育有关。总之，透水性好的岩层有利于地下水运动。

地下水的水头差，就是指在地下水流动方向上的不同截面的水位差。图13上游截面（a井）的水位高，下游截面（b井）的水位低，这两个截面的水位之差（ H ）称水头差。地下水就借助水头差的作用由水位高处向水位低处流动。实践证明：在相同水文地质条件下，水头在十米的水平距离之内差一米和在百米之内差一米，其地下水的流速是不一样的，所以常用两截面之间的水头差与之间的水平距离（ L ）之比来说明水头相对落差的大小，此比值称为水力梯度或水力坡度（ $I = \frac{H}{L}$ ）。在同一含水层中，水力坡度越大，地下水的运动速度越快。地

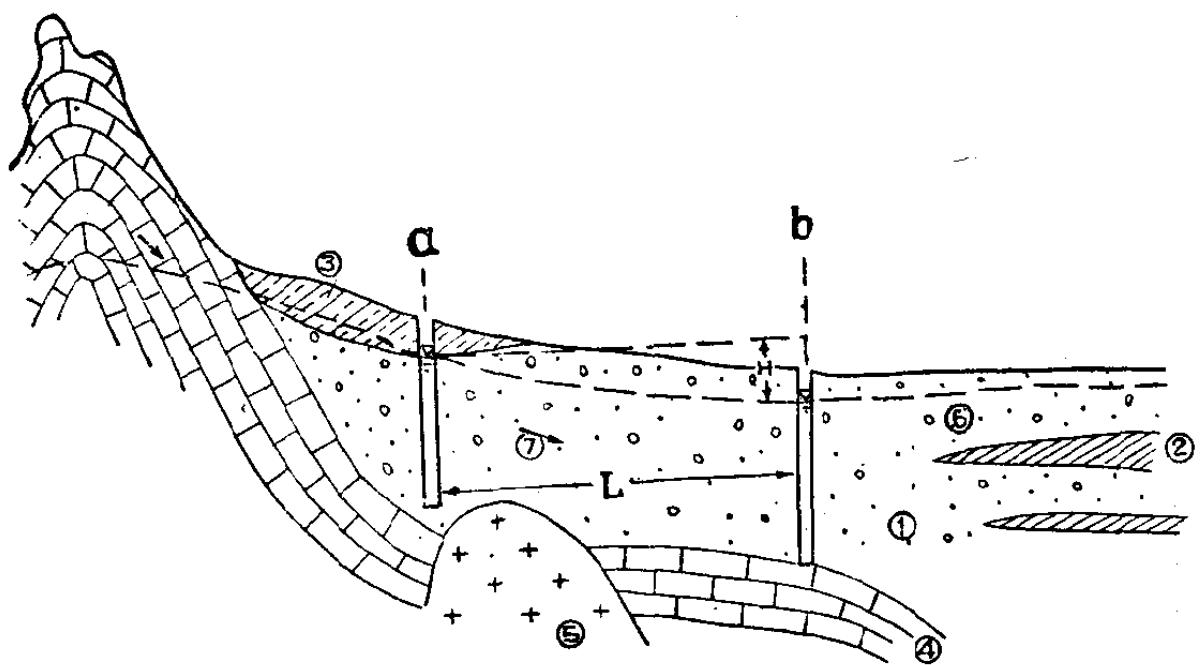


图13 山前地带地下水流动状态示意图
 ①砂砾石;②粘土;③亚砂土;④石灰岩;⑤侵入岩;
 ⑥地下水位;⑦地下水流向。

下水就是沿水力坡度最大的方向流动。因此，水力坡度最大的方向也就是地下水的流向。确定地下水的流向十分重要，根据它可以推知地下水的来龙去脉和与其他含水层中地下水的关系。

四、地下水的物理性质及化学成分

地下水是整个自然界水体的一部分，它参与了整个自然界中水的循环。运动着的地下水又是一种很好的溶剂，在运动过程中与各种矿物和岩石接触，由于水对矿物和岩石的溶解作用，使地下水的物理性质和化学成分发生变化，因此，在一定环境条件下形成的地下水便具有其特定的物理性质和化学成分。

地下水的物理性质包括：比重、温度、透明度、颜色、臭(气味)、味、导电性和放射性等。一般的地下水是无色、无臭、无

味、透明的。

地下水的化学成分很复杂，溶在水中的化学成分常以离子形式出现。常见含量最多的离子有 Na^+ (钠离子)、 K^+ (钾离子)、 Mg^{2+} (镁离子)、 Ca^{2+} (钙离子) 和 Cl^- (氯离子)、 SO_4^{2-} (硫酸根离子)、 HCO_3^- (重碳酸根离子) 七种；气体有 CO_2 (二氧化碳)；化合物有 Fe_2O_3 (三氧化二铁) 等。地下水中的离子和各种化合物的总含量称矿化度。我们生活中常用的水，矿化度不大于1克/升。矿化度大于2—3克/升的水称咸水，不适宜作饮用和灌溉。另外，还有些山区，由于地下水中某种元素缺乏或含有某种有害元素，长期饮用对身体不利，如水中缺碘可导致粗脖子病等。

五、地下水的分类

根据地下水的不同特征，分很多类。这里根据含水层性质和埋藏条件为主要标志将地下水分类如表2。

(一) 包气带水

包气带水存在于包气带中，可分为非重力水和重力水两种。非重力水主要指结合水和毛细水，这种水不能直接被人们取用，它可做为植物和农作物的补给水源。此带中对找水最有实际意义的是上层滞水。

上层滞水是埋藏在包气带中局部隔水层或弱隔水层之上的重力水。降雨或地表水下渗时，被局部隔水层或弱隔水层所阻，存积而成。因此，它的分布范围一般不大，受当地的气候影响很大。常在一定季节有水，水量不大，且埋藏较浅，易被污染，只能做小型供水。由于含水层岩性及所处地貌条件的不同，则上层滞水表现形式也不同(图14)。

表2 地下水分类表

按含水层性质分类 岩层中的地下水	孔隙水 (主要是孔隙岩层中的水)	裂隙水 (坚硬岩石裂隙中的水)	岩溶水 (岩溶化岩石空洞中的水)
包气带水	局部隔水层上孔隙岩层中的上层滞水, 土壤水	坚硬基岩风化壳中各种季节性存在的水	岩溶岩层垂直渗入带中的水
潜水	上部无连续完整的隔水层存在的各种松散沉积物中的水	基岩上部裂隙中或岩层层间裂隙中的无压水	裸露岩溶化岩层中的无压水
承压水	孔隙岩层组成的向斜或自流盆地, 单斜和山前平原自流斜地中的水	构造盆地及向斜、单斜岩层中的裂隙承压水, 断层破碎带深部的局部承压水	构造盆地和向斜及单斜岩溶岩层中的承压水

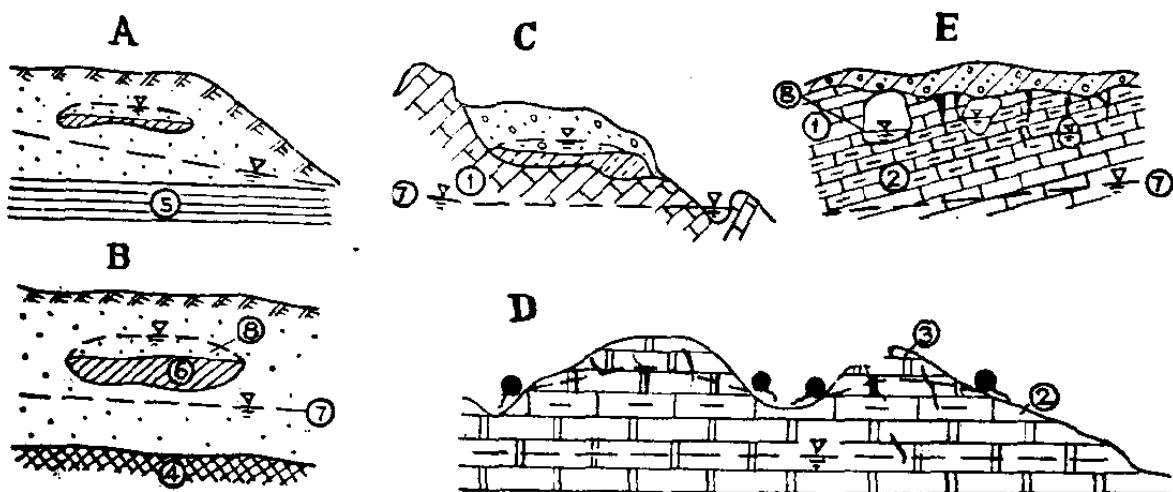


图14 上层滞水形成条件示意图

- A. 丘陵区第四系上层滞水; B. 平原区第四系上层滞水;
C. 山前风化粘土上部上层滞水; D. 裂隙岩层中上层滞水;
E. 岩溶岩层中的上层滞水。

①石灰岩; ②泥质灰岩; ③裂隙发育的岩层; ④裂隙不发育的岩层; ⑤页岩; ⑥粘土; ⑦潜水面; ⑧上层滞水水位。

(二) 潜水

潜水是埋藏在地下第一个连续分布的不透水层之上具有自由水面的重力水。通常潜水埋藏在第四纪沉积层的孔隙中，以及裸露于地表的基岩裂隙和空洞中。潜水的自由水面称潜水面。水面的海拔标高为该处的潜水位。地面至潜水面的距离为该处潜水的埋藏深度。由潜水面至不透水层顶面之间的垂直距离称潜水含水层厚度(图15)。

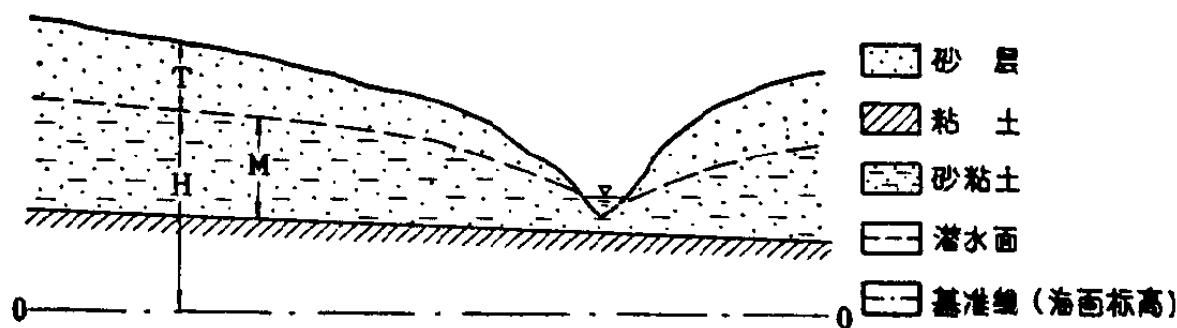


图15 潜水埋藏图

H 潜水位; M 含水层厚度; T 潜水埋藏深度。

由于潜水面的上部没有隔水层(或只有局部隔水层)，降雨或地表水能直接渗入补给潜水，潜水分布区和补给区基本上一致。因此，潜水的水位和水量常受当地气候因素的影响而发生变化。雨季潜水位上涨，埋藏浅，水量大；旱季水位下降，埋藏深，水量变少。潜水的埋藏深度各地不一：平原区较浅，一般仅几米或十几米；山区一般较深，由十几米、几十米至几百米，主要受地形、地貌及隔水层埋藏的相对位置控制，变化较大。

潜水具有自由水面。但是，由于含水层岩性变化，岩溶发育不均，则其透水性也不相同，所以还可能形成局部承压水(图16)。

潜水面的形状与地貌形态、隔水底板的坡度、含水层岩性

和厚度变化有关，一般与地表的形态和坡度一致，但较地形坡度平缓。当潜水含水层沿渗流方向厚度加大、岩石颗粒变粗或遇强透水岩层时，潜水面的坡度趋于平缓（图17）。总的说来，

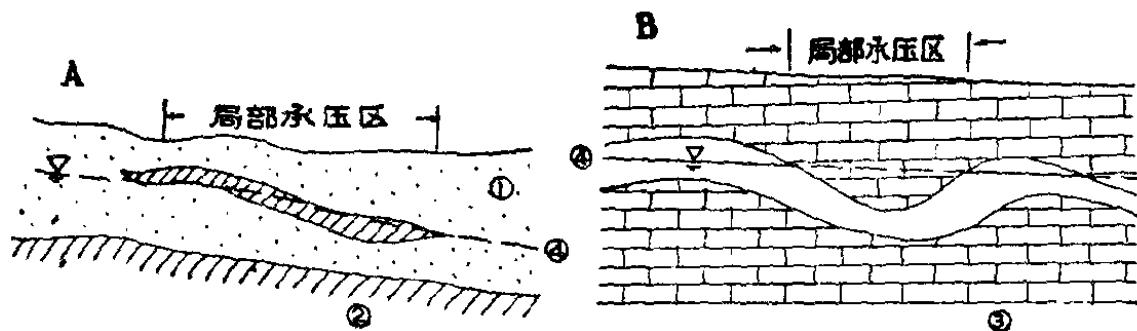


图16 局部承压水形成条件示意剖面图

- A. 局部隔水层造成的局部承压水；
- B. 岩溶层中的局部地下水。
- ①砂层；②粘土；③石灰岩；④潜水水位。

潜水面的倾斜方向总是从补给区到排泄区。

潜水的排泄：在山区从高处流向低处以泉水出露 排向河谷，或者直接排向平原；在平原除向湖海等方向排泄外，主要靠蒸发。

潜水补给来源除雨水和地表水渗透外，若与其他含水层

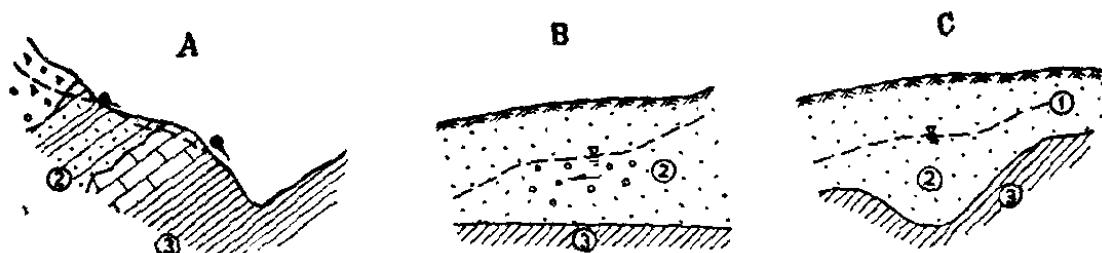


图17 潜水面形状变化示意剖面图

- A. 潜水面形状随相对隔水层出现而变化；
- B. 潜水面形状随含水层岩性不同而变化；
- C. 潜水面形状随含水层厚度加大而变化。
- ①潜水面；②含水层；③隔水层。

相连通时，则还可能接受承压水及上层滞水的补给。由于潜水补给来源比上层滞水广泛，分布范围大，停积条件好，所以水量一般比较丰富，特别是当潜水与地表常年性河流相连通时，则更为丰富。潜水埋藏较浅，常为广泛开采的水源之一。但因含水层之上无连续隔水层，所以和上层滞水一样，易受污染和蒸发，水质容易变坏，用时值得注意。

潜水的水质，除与含水层的岩性有关外，还取决于潜水的迳流条件，迳流条件好，矿化度低，水质好。迳流不畅，矿化度高，水质差。一般山区和山前迳流通畅，水质都好；平原低洼地区，迳流滞缓，水质较差。

(三) 承压水

承压水是上下两个稳定的相对隔水层之间充满含水层中的地下水。其上隔水层的底面称隔水顶板。其下隔水层的顶面称隔水底板，其间充满了地下水的透水岩层称承压含水层。隔水顶板到隔水底板间的垂直距离为承压含水层的厚度。当凿井揭露承压含水层时，水便超过隔水顶板立即上升，逐渐稳定在一定的高度上，有的甚至高出地表自流。能喷出地表的承压水又称自流水。隔水顶板的高程即是该处的初见水位，最后稳定的水面高程是该点的承压水位。由隔水顶板至承压水位的铅直距离称承压水头。承受静水压力、具有初见水位和稳定水位，是承压水的主要特征之一。

因为承压水上面覆盖有连续的隔水层，与地表联系被隔开，所以它的埋藏区与补给区的分布是不一致的。一般补给区都较远，因此受当地气候因素的影响不显著。

承压水的形成主要取决于地质构造。最适宜形成承压水的是向斜构造、构造盆地和单斜构造。单斜构造中的含水层，常由于断层切割，或者含水层的岩性变化而不利重力水继续

运动时，则形成承压水（图18B、C）。埋藏承压水的向斜构造和构造盆地称为自流盆地（图18A）。埋藏承压水的单斜构造则称自流斜地。

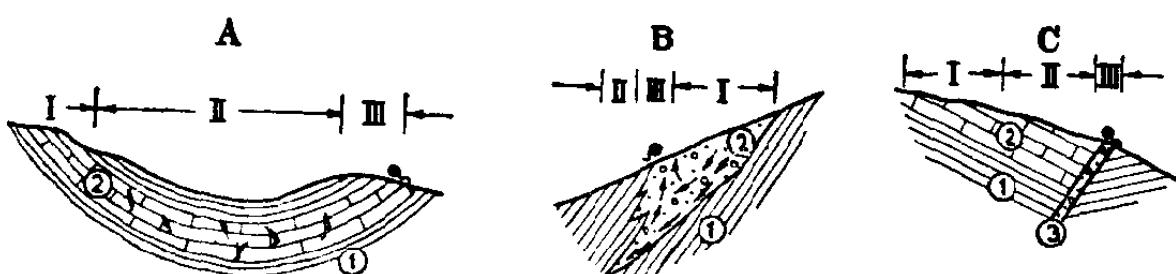


图18 几种承压水形成条件示意图

I 补给区; II 承压区; III 排泄区。

①隔水层; ②含水层; ③断层。

自流盆地或斜地，按水文地质特征可分成三个组成部分：补给区、承压区和排泄区。从图18A可以看出，承压含水层在盆地边缘出露到地表，地势较高的一边为补给区，地势较低的一边为排泄区，中间为承压区。钻孔打在承压区或排泄区，就能够打出承压水（能否是自流水，决定于承压水位与地表的高程之差，当承压水位高于地表高程则自流，否则不能自流）。在补给区，上部无隔水层，地下水位无压力，具有潜水的特征。

在自然界中，承压水埋藏条件是非常复杂的，并非如图18那样简单。无论自流盆地或自流斜地，承压含水层均可在不同深度有一层或若干层同时存在。两个以上的承压含水层在同一地区并存时，二者承压区的稳定水位往往不一致。在自流盆地的情况下，各层的稳定水位高度多取决于地形和地质构造的关系：当地形与构造一致时（图19A），下部含水层多具有较高的承压水位，如有钻孔揭露，则下部承压水可以补给上部承压含水层；当地形与构造不一致时（图19B），则下部含水层承压水位较低，当有钻孔揭露时，则上部含水层中的地下水往

往补给下部含水层。可见承压水的水位主要决定于补给区的地下水位，补给区水位越高，承压水位也越高。

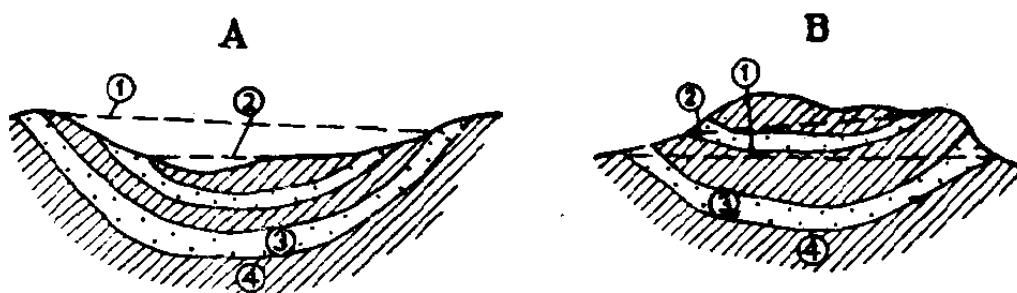


图19 不同地形条件下、下含水层承压水位变化图

①下含水层承压水位；②上含水层承压水位；③含水层；④隔水层。

承压水的补给来源，主要也是大气降水和地表水。当隔水顶（或底）板岩性变化或构造变动，使不同承压含水层互相连通时，承压含水层还可相互补给。承压含水层在排泄区形成上升泉，当与潜水沟通时，以补给潜水的方式排泄承压水。

承压水的运动是相当复杂的。它主要受补给区和排泄区的水位差、含水层的透水性及地质构造等因素的影响。一般补给区与排泄区的水位高差愈大，含水层透水性愈好，地质构造有利于承压水的补给和排泄时，承压水的迳流畅通，反之就差。

承压含水层的水量决定于承压含水层的分布范围、厚度、透水性、补给区及补给源的大小。当含水层分布较广，厚度较大，透水性好，且补给面积较大，补给源充足时，则水量丰富而流量稳定；反之则差。一般承压含水层的水量都比较丰富，为广泛开采的水源之一。如在有的平原地带打井，井深100—200多米，而承压水位埋深只3~5米，水量丰富，主要取用第四系中的承压水。又如山西省阳城县一带，经调查和勘探，在400—500米深处遇到石灰岩中的承压水，水位埋深70~80米左右，水量丰富，解决了当地缺水问题。

承压水的水质，取决于补给水源的水质、含水层岩性及迳流条件。一般承压水比潜水的水质复杂，矿化度稍高。特别是埋藏深的大型自流盆地中的承压水，水质较差。但是，一般小型自流盆地和自流斜地中的承压水，其水质与潜水差别不大，一般多为淡水。

第二章 山区地下水的基本特征 及其寻找方法

第一节 山区地下水形成的 主要条件及其特征

山区地下水，就是指埋藏在广大山区基岩裂隙，岩溶以及孔隙中的地下水和山间河谷、山间洼地中的第四系孔隙水。

它的形成，是指山区地下水的补给、迳流、排泄及变化的全部过程。在普通水文地质知识一节中可以看出，山区地下水主要来自大气降水的渗入补给，而凝结水则占极少部分。渗入地下的水，沿着岩石裂隙、孔隙、溶洞、溶隙和各种张开性断裂带进行运动。在运动过程中，由于所处岩石性质及地质构造条件的不同，则引起地下水埋藏条件和运动条件的变化，其结果就分别形成具有不同物理化学特征的上层滞水，孔隙、裂隙、岩溶潜水和承压水等等。各种地下水，又在重力的作用下，遵循由高往低的规律不断地迳流、运动、排泄和变化。

大量实践资料证明，山区地下水的形成，主要受岩性、地质构造、地貌以及气候等条件所控制。在这些条件中，岩性条件是控制地下水存在的基础；地质构造条件是控制地下水形成的主要因素；地貌条件则是影响地下水的补给，迳流和排泄的重要条件；气候条件决定着地下水总的补给来源。因为，岩石性质不仅决定着岩石本身的含水性，而且也决定着岩石在后期构造变动中的变化条件，因此，岩性条件就决定了岩层的含水或隔水的本质；地质构造能起到控制地下水的分布、埋藏

和运动的作用,它可以沟通含水层的水力联系,改变地下水的流向,导致无压水变成承压水,使非含水层(带)变成为含水层(带);地貌不仅决定补给汇水面积的大小,迳流速度的快慢,排泄的通畅等等;同时也能反映地下水的分布形态和埋藏条件;大气降雨多少,决定一个区域的地下水总的来源多少。降雨充沛,则地下水总的来源多,反之则少。其他如地表植被情况、矿坑疏干、筑坝建库等等,在一定范围内对地下水的形成也有影响。

山区地下水,在上述因素控制和综合影响下,具有下列特征:

1. 地下水类型复杂多样

在山区,各种类型的地下水都存在。不但有孔隙水,裂隙水,岩溶水的分布,而且也有上层滞水、潜水、承压水的埋藏,就水质而言,有咸水、苦水,也有热矿水出露。由于山区的地形地貌、地质构造、岩性条件的复杂多样,有时有些岩层的孔隙、裂隙或裂隙、溶隙交替参杂难分,因此,地下水中还常见孔隙裂隙或裂隙岩溶水等混合类型。如花岗岩,变质岩风化壳中的裂隙孔隙潜水,第三系半胶结砾岩中的孔隙裂隙潜水及承压水,岩溶不很发育的可溶岩层中的裂隙岩溶水或岩溶裂隙潜水及承压水等。但是,最常见的则是孔隙裂隙水和裂隙岩溶或岩溶裂隙水,以及各种上层滞水。只有在地质构造、岩性条件和补给条件适宜的地区,才有承压水或岩溶水。

2. 分布埋藏十分复杂,含水层富水性不均一

由于山区岩石性质、地质构造和地形地貌条件的复杂,埋藏于山区各种岩石中的地下水的分布状况也是十分复杂而不均一的。孔隙水,主要分布于河谷两岸及山间盆地或洼地的第四系堆积层中,大多为潜水,埋藏一般不深,含水层厚度及岩性变化很大,其含水性虽然较裂隙含水层均匀,但与平原区

相比，也是很不均一的；基岩裂隙（或岩溶）水，埋藏深浅不一，含水层虽呈层状分布，但因裂隙（或岩溶）发育不均，含水很不均匀，地下水具有似层状分布的特点，同时，含水层还有带状、脉状、管状富水的规律；其他有的岩层（如花岗岩等）还具有壳状含水的特点，地下水仅埋藏在浅部风化壳中，在地形低洼等条件下才富水……。因此，山区往往在一个地方打井，特别是开采基岩裂隙（或岩溶）水，两井相距很近，甚至1—2米，然而水量相差很大，一井水量丰富，一井水量甚微，甚至无水。如河北满城县李家庄大队，在不到十平方米范围内打了三口井，一井水量较少，一井无水，最后一井水量较大（每小时出水30—40吨）。所以，对山区地下水在群众中常有“水线”、“水脉”的概念和“隔墙不打井”的说法，这就形象地描绘了山区地下水分布埋藏的复杂性。

3. 水位水量变化幅度大

山区地形坡度大，迳流条件好，排泄通畅，除一些较大型的承压水外，一般地下水动态均受气象因素影响。其水位水量变化幅度较大。一眼井中的地下水，水量可从小到大，从无到有：水位可从旱季干枯到雨季水满溢出地表的变化，其变幅由几米，十几米到百余米。如河北武安县刘家庄钻孔，属于层间裂隙水性质，旱季水位埋深208米，雨季上升到40米，变幅168米。对于河谷潜水，也有“河中流水井水富，河中无水井干枯”的说法，也是说地下水位和水量的变化较大。

4. 地下水运动状态复杂

平原地区的孔隙水，常具有统一的地下水位，多呈流线均匀的层流状态运动。而山区地下水，除河谷及一部分风化壳孔隙水外，其裂隙、岩溶水，就是同一含水岩层内，也常没有统一的地下水位，无压水和承压水常交替出现。地下水的运动，有较简单的层流运动，也有复杂的紊流运动。在岩溶发育区，

还有管流存在。但总的规律仍然是从分水岭到河谷，从山区到平原，从补给区到排泄区这种由高向低不断的运动。

另外，各种地质作用常在地表一定深度进行，随深度的增加，一般有所减弱，因此，各种含水的裂隙或岩溶的发育，也常随着深度的增加而减弱，故地下水又有着浅富深贫的规律。

在山区找水工作中，到一个地区，首先应弄清当地的地层、岩性、地质构造及地形地貌等控制地下水形成的主要条件，然后再进一步分析当地可能存在的蓄水构造和地下水主要类型及其特征，以及补给来源大小，最后才在蓄水构造的富水部位确定开采位置。

第二节 基岩裂隙水的基本特征 及寻找方法

基岩裂隙水，即存在于坚硬岩石裂隙或断裂带中的地下水。这里也包括一部分可溶岩溶蚀裂隙及溶孔中的地下水。

由于坚硬基岩本身的孔隙极小，重力水常不能透过，在含水层中，地下水只能在开口的裂隙或溶隙中运动和储存，因此，裂隙或溶隙的分布发育状况就决定着基岩裂隙水的分布和埋藏条件。

一、基岩裂隙水的分类及其特征

从普通地质知识一节中知道，岩石中裂隙按成因分为：成岩裂隙、构造裂隙、风化裂隙。不同裂隙类型，具有不同的分布规律，因而，所含裂隙水亦具有不同的分布埋藏特征。据此，基岩裂隙水又可分为成岩裂隙水、构造裂隙水及风化裂隙水。

(一) 成岩裂隙水及其特征

成岩裂隙，是岩石在形成过程中由于岩石固结、干缩作用

所形成的裂隙。这种裂隙比较少见，它局限于一定的岩石内发育。最多的见于硬脆的火成岩中（如玄武岩中的柱状节理等），沉积岩中发育不多。并且，在喷出岩中又比侵入岩中发育。其特点是，多垂直岩层层面，延伸不远，不切层，同一层中发育较均匀。由于喷出岩和沉积多具成层性，所以它也多呈层状分布。当成岩裂隙发育的岩层出露地表接受降水渗入或与地表水体相通时，则形成成岩裂隙潜水；若夹于二隔水层之间，并有补给来源时，亦可形成承压水。由于成岩裂隙的上述特征，成岩裂隙水亦常局限分布埋藏于一定的岩层中。并且，还具有层状或似层状分布的特点。其水量的大小。主要决定于岩石的性质、成岩裂隙的发育程度和补给条件。若岩石硬脆，裂隙发育，张开性强，埋藏补给条件好，则水量丰富，反之则差。如玄武岩层，一般岩性硬脆，柱状节理发育，且多具张开性，常含水相当丰富。而细砂岩，岩层虽也有龟裂发育，但多被砂泥充填，含水常较少。

（二）构造裂隙水及其特征

在漫长的地质年代中，地壳发生过无数次的构造运动。每次构造运动，都使岩层产生程度不同的构造变动，常常形成各种断层和裂隙，这种裂隙称构造裂隙。其中所含的地下水就称构造裂隙水。这种裂隙水，存在广泛，常较丰富，是一般山区找水的主要对象之一。

构造裂隙水，按其埋藏状况可分为层状构造裂隙水和脉状或带状构造裂隙水。

各种硬脆的岩层，如石灰岩、白云岩、砂岩、砾岩及多期喷发的层状玄武岩等，它们夹于其它相对柔软的岩层中，当构造变动时，常形成互相连通的裂隙，其中含水时即形成层状构造裂隙水。这种裂隙水，常呈层状分布，多具承压性。其水量大

小常决定于裂隙的发育程度、性质、连通及充填情况，以及含水岩层的埋藏条件。同时，层状构造裂隙水也不象孔隙水那样均匀，各处的富水性不一，只有在一定的蓄水构造部位，水量才较丰富。

脉状构造裂隙水，通常是指埋藏于断裂带、构造裂隙密集带或岩脉两侧裂隙发育带内，呈条带状分布的地下水。它与岩石性质、地质构造的关系最密切。常在硬脆岩层的断层带或两侧，褶曲轴部及两翼岩层产状由陡变缓带，岩脉两侧……相对富集。浅部常为潜水，深部可能存在承压水。一般直接接受地表水及降水渗入补给，同时也与周围岩层的裂隙水或其他类型地下水有一定的水力联系，因此水量较为丰富。

(三)风化裂隙水及其特征

埋藏于风化裂隙中的地下水称风化裂隙水。

风化裂隙，发育于地壳表层的岩石中。由各种物理、化学及生物等风化作用在成岩和构造裂隙的基础上发育和发展而成的。它延伸短，无一定方向；不同岩石发育程度不一，同一种岩石在平面上分布密集均匀、互相连通，在剖面上其数量和张开程度都随深度增加而减小；在构造裂隙和成岩裂隙发育的岩石表层风化裂隙也特别发育。因此，风化裂隙水，常埋藏于离地表不深的范围内，具有埋藏浅、含水层厚度不大、透水性随深度增加而减弱、以致过渡到不透水等特点，常为裂隙潜水或上层滞水。当古风化壳被后期堆积掩埋以后，可以形成埋藏较深的承压水，但较少见。风化裂隙水主要由降雨渗入补给，其水量大小常取决于补给范围的大小、岩石性质、风化性质及程度以及原岩的成岩裂隙及构造裂隙的发育状况。若补给范围大、地形平缓低洼、岩性疏松或硬脆、处于机械风化阶段、岩石原来的成岩裂隙或构造裂隙发育、风化层厚度大……

则水量比较丰富，反之则水量小或不含水。所以，风化裂隙水，一般在风化层较厚的地形低处相对富水；在分水岭处微弱或无风化裂隙水；在成岩裂隙和构造裂隙发育的岩石浅部富水，反之则含水微弱；在花岗岩、玄武岩、安山岩、砂岩及变质岩等风化浅层相对富水，其它岩层中相对较弱。一般来说，风化裂隙水因山区地形切割强烈、迳流、排泄条件好，不利于风化裂隙水的聚集和存留，水量不是很大，而且季节性的变化也很强烈。

此外，由于重力坍塌、滑坡和人为作用等，也在地表局部范围内的岩石中产生一些裂隙，也能致使岩层透水或含水形成裂隙水，但其范围狭小，意义不大。

综上所述，从总的来看，基岩裂隙水为山区地下水的重要组成部分，同样也具有山区地下水的一般特点：①由于裂隙水埋藏于坚硬致密的岩石裂隙当中，在山区复杂多变的地层岩性、地质构造和地形地貌条件下，基岩裂隙的发育复杂、多变、不均匀，因此，山区基岩裂隙水亦同样是复杂、多变和不均匀的；②由于各种地质作用从地表往下，随着深度的增加而逐渐减弱，各种裂隙的发育程度也逐渐变差，因此，基岩裂隙水亦常是随深度增加而减少，亦具有相对深贫浅富的一般规律；③地质构造和岩性条件控制着裂隙水的赋存：硬脆性岩石，常因裂隙易于产生，且张开性良好而富含裂隙水；质软性柔的岩石，常因裂隙不易产生或闭合及易遭后期风化充填而含水性较弱或不含水；在岩性和构造条件的控制下，裂隙水常富集在一定地质构造的一定部位，常呈似层状、带状或脉状分布。在相同的构造条件下，不同岩石裂隙含水性，由大到小大致可作如下排列：质纯的石灰岩及白云岩类→大理岩、某些硅质灰岩及不纯的灰岩、白云岩类→砂砾岩、玄武岩、石英岩、砂岩→脆性岩脉、块状流纹岩、火山集块岩→花岗岩、闪长岩、混合岩、

板岩、片麻岩→安山岩、片岩、千枚岩、页岩等。

根据山区基岩裂隙水的上述特征,为了找水使用方便,下面按不同岩类叙述其找水方法。

二、沉积岩地区找水方法

(一) 沉积岩的一般特征及常见的沉积岩

沉积岩是由各种沉积物质经过搬运、沉积和硬结成岩作用所形成的。根据沉积物质的成因及来源,沉积岩常可分为三大类:

碎屑沉积岩类:由机械破坏作用形成的碎屑物沉积,经硬结成岩作用形成的岩石。粗粒的碎屑沉积岩,如砾岩、砂岩常可形成含水岩层;细的碎屑沉积岩,常含水微弱或不含水,可形成相对隔水层,如页岩、泥岩等。

化学沉积岩类:由化学作用形成的沉积物,主要是水溶液中沉淀出来的碳酸盐、硫酸盐、卤化物,经硬结成岩作用形成的岩石,如石灰岩、白云岩、石膏、岩盐等,一般都可形成良好的含水层。

生物沉积岩类:主要由生物如动植物的遗体沉积所形成的岩石,如煤、泥炭,常为隔水层;又如介壳灰岩、珊瑚灰岩等,有时可成为含水的岩层。

上述三类沉积岩,其共同的最大特征是具有成层性,即层理。层理是沉积岩在形成的过程中,由于沉积环境的变化或物质来源的改变,或物质来源的短缺等原因,在沉积岩中遗留下来的岩石成分、结构、构造、颜色、硬度等成层更换的现象。由于沉积岩中层理的存在,使我们较易鉴别沉积岩的生成顺序,和对褶皱、断裂等各种地质构造现象的进一步研究。

层理面常是沉积岩中的薄弱面,在构造变动中,常易产生

相对滑动而发育层面裂隙，利于地下水的储藏和运移。

沉积岩除具有层理的特征外，还具有波痕、泥裂或龟裂、雨痕、化石、结核等特征。这些特征，不仅是鉴别沉积岩的标志，同时也是研究沉积岩形成时代和环境、建立成层顺序、识别各种地质构造重要依据，所以，在沉积岩地区找水，必须对这些特征进行仔细研究。

常见的沉积岩有

石灰岩：属化学沉积岩类。常呈白、浅黄、浅灰、深灰等色，有时也有浅红或黑色，岩石坚硬致密、性脆，主要由碳酸钙等化学成分组成，能被含有二氧化碳的水溶蚀，遇盐酸强烈起泡，风化表面呈圆滑的骷髅状，打碎的断面呈细腻光滑贝壳状断口；若石灰岩中含有泥质、镁、生物遗体等其他成分较多时，又可称为泥质灰岩、白云质灰岩、生物灰岩等等；由于石灰岩裂隙岩溶的发育，常可构成良好的含水层。

白云岩：亦属化学沉积岩类，颜色与石灰岩相似，坚硬、性脆、致密，主要由碳酸镁组成，亦能被含有二氧化碳的水溶蚀，其与灰岩的主要区别除化学成分外，遇盐酸不起泡或起泡很微弱，风化表面常具棱形刀砍状的槽痕，风化后常呈棱形块状碎屑，断面较灰岩粗糙；当含硅、钙等成分较多时，称硅质或钙质白云岩；由于该类岩石性脆可溶，在各种地质作用下，常也可构成良好的含水层。

砂岩：属碎屑沉积岩类。由颗粒直径在0.005—2毫米之间的砂粒被胶结而成。颗粒成分主要为石英、长石、云母及暗色矿物等。岩石一般坚硬致密，性较脆，常具波痕及交错层理。根据组成物质成分及胶结物质不同，砂岩有不同颜色，如铁质胶结则色暗，风化面呈紫红色或铁褐色，称铁质砂岩；若硅质胶结则色浅，多呈黄、白等色，岩石十分坚硬，称硅质砂岩；钙质胶结则称钙质砂岩，色亦较浅。根据矿物成分不同，砂岩可分

为长石砂岩、长石石英砂岩和石英砂岩等。

粘土岩：亦属碎屑沉积岩类。由粘土类（颗粒直径小于0.005毫米）物质经过压密胶结而成，其主要特点是质软性柔。具有极薄页理的称页岩，不具页理，硬度较低的称粘土岩或泥岩，含有其他成分的，在岩石名称前面加上其所含成分名称命名，如含钙的称钙质页岩（或泥岩），含铝的称铝土质页岩（或泥岩），砂质页岩、炭质页岩、油页岩、云母页岩等。页岩的颜色，决定其所含杂质成分，含炭质的常为深灰及黑色，含铁质的常为红色或黄色，含海绿石的常为绿色。由于岩石质软性柔，常形成隔水岩层，只有在风化裂隙发育的表层，当地形低洼时才微弱含水。

砾岩：为碎屑岩类。由各种砾石经胶结成岩而成。砾岩成分复杂。按胶结物不同分为钙质胶结砾岩、泥质胶结砾岩、硅质胶结砾岩……。胶结物不同，岩性各异：硅质胶结最硬，泥质胶结较松软，钙质胶结可溶。各种砾岩，或由于硬脆，或由于松软易风化胶结不牢，或由于可溶等，都不同程度地具有一定的含水性。

角砾岩：具有棱角的碎石（直径大于2毫米），未经搬运而沉积下来，被钙质、泥质、硅质等物胶结成岩，称角砾岩。角砾岩常沿断层带产生，称断层角砾岩，是寻找断层的标志之一。

炭质岩类：为生物沉积岩。由古代植物埋藏于地下失水炭化成岩，如各种煤层。

（二）找水方法

由于沉积岩的岩性不同，在各种地质作用下，其各种岩石的成岩裂隙，构造裂隙和风化裂隙的发育程度和性质也各异，即使是同一岩性的岩层，在同一地质构造中，仅仅是所处的构

造部位不同，其裂隙的发育状况也会大不一样，因此，赋存于沉积岩裂隙中的裂隙水，在不同岩性和不同地质构造条件下是有着千差万别的。加之山区复杂的地形地貌条件影响，地下水的补给、迳流和排泄条件不同，更使山区沉积岩中的裂隙水复杂而不均一。但是，任何复杂的事物都不是孤立地存在，都与他事物有着一定的内在联系，有着一定的规律存在。下面我们就重点从岩性和地质构造两个主要方面入手，考虑其地形地貌条件的影响来寻求沉积岩裂隙水的赋存规律，讨论其找水方法。

1. 不同岩层组合法

此法以考虑岩性条件为主，同时也要考虑地质构造和地貌条件。

（1）两软夹一硬，硬中打井常可成

在两层相对厚度较大的页岩中间夹一层相对厚度较薄的灰岩、泥灰岩或者是砂岩的情况下，由于岩层软硬的差异，在构造变动中，性软质柔的页岩常发生塑性变形或层间滑动，而夹在中间的硬脆岩层往往发生碎裂、裂隙较发育，使硬脆的岩层构成相对含水岩层。在地貌条件适合、地表汇水面积较大时，则打井至硬脆岩层或打穿硬脆岩层常可取得较多的水量。特别是当硬脆岩层为可溶岩时，更有利地下水赋存。因为，在地势低洼又有一定汇水面积的地区，页岩经构造及风化作用，表层裂隙还是比较发育，利于大气降雨的直接渗入补给，而夹于页岩中的可溶岩层，各种裂隙导致地下水的积极活动，常可产生溶洞或溶蚀裂隙，形成地下水的富集场所，故常可在此层打井。如图20所示，此井正打在两层页岩间夹含钙质角砾白云岩层中，裂隙岩溶发育，井深26米，水位22.4米，旱季出水量每小时20吨。又如图21、22，都是打在页岩中的灰岩夹层中。为增大水量，在条件适宜时，也可打穿一层或几层灰岩。

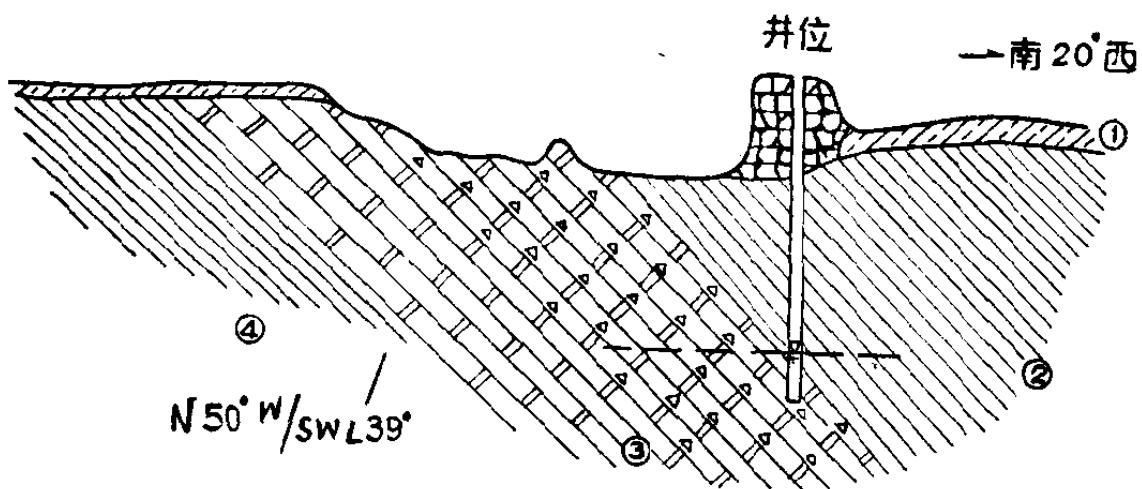


图20 李家洼村北直井地质剖面图

①第四系松散层; ②中寒武统徐庄组紫色页岩; ③下寒武统毛庄组顶部含钙质角砾状白云岩; ④下寒武统毛庄组紫红色页岩。

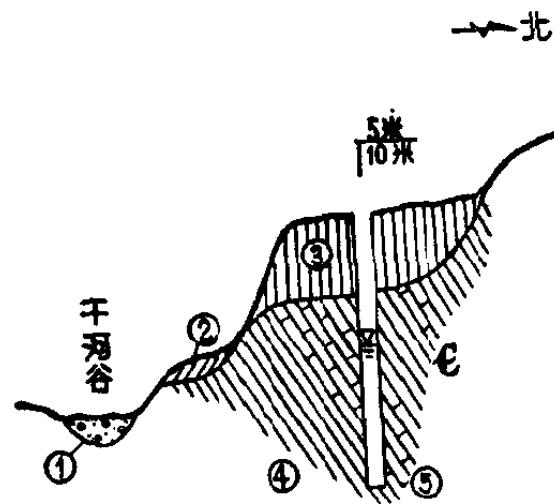


图21 雅子村民井地质剖面

①砂砾石; ②亚砂土; ③黄土; ④页岩; ⑤石灰岩; C 寒武系。

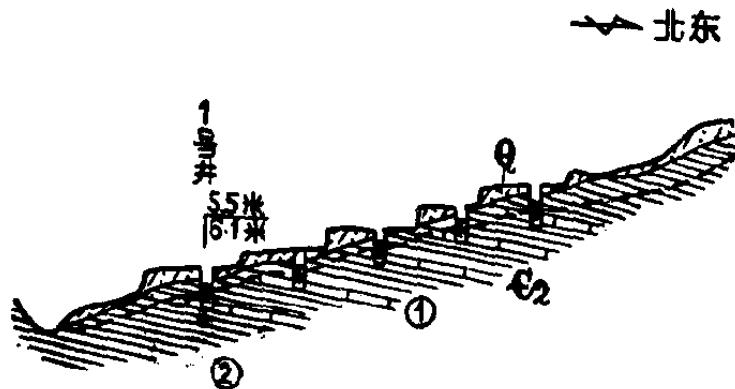


图22 郭家村西民井地质剖面示意图

①石灰岩; ②页岩; Q 第四系; C₂ 寒武系中统 $\frac{5.5 \text{米}}{6.1 \text{米}}$ $\cdot \frac{\text{水位埋深}}{\text{井深}}$

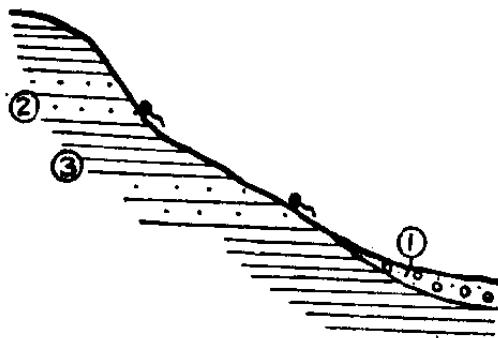


图23 浦洼泉水出露示意剖面图
①砂砾石;②砂岩;③岩页。

选择较厚的一层,因汇水条件较好,成井后,解决了全村的人畜饮用水问题。

对于页岩夹砂岩分布地区,泉水自砂岩中流出,证明硬脆的砂岩是相对含水层,页岩为隔水层(图23)。

当硬脆岩石为砂砾岩时,与页岩相比也为含水岩层,只是含水微弱罢了。图24就是在石炭-二迭系页岩夹砂砾岩中,

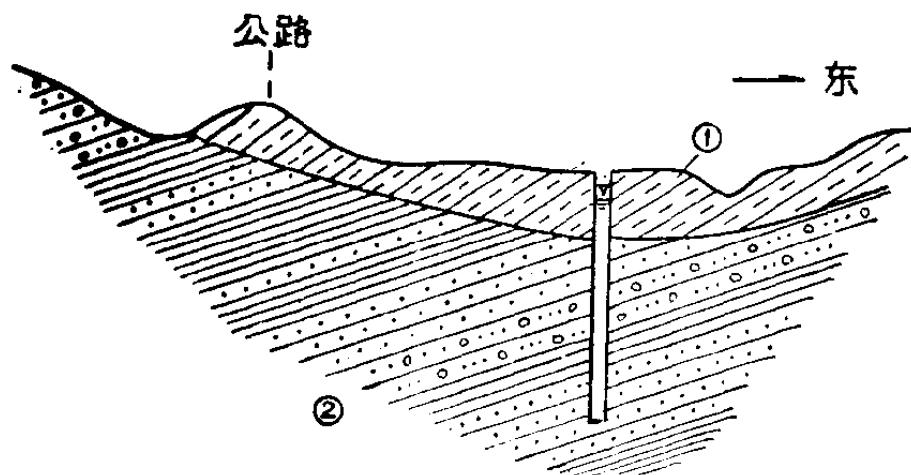


图24 郭家庄村北民井地质剖面
①第四系松散层;②石炭-二迭系砂砾岩及页岩互层。

软硬岩层相间,当硬脆岩层倾角不大时,可在上部页岩开口打井,直打到灰岩或砂岩底部为止;如果砂岩、砂砾岩或灰岩单层较薄,水量不大时,可多打几层;若单层较厚且产状近于水平,则可直接在硬脆岩层(即砂岩、灰岩、砂砾岩)开口,打至软岩层(页岩)为止。如图25所示,页岩之间的鲕状灰岩厚度大于30米,地下水埋藏较浅,于鲕状灰岩之上直接开口,井深22米,水位埋深13米,日出水量200余吨。

两软夹一硬，硬岩层相对富水情况，不仅是沉积岩中的一般规律，而且在副变质岩及火山岩地区也较适用，在此提一下，在变质岩及火山岩地区找水就不再重叙。

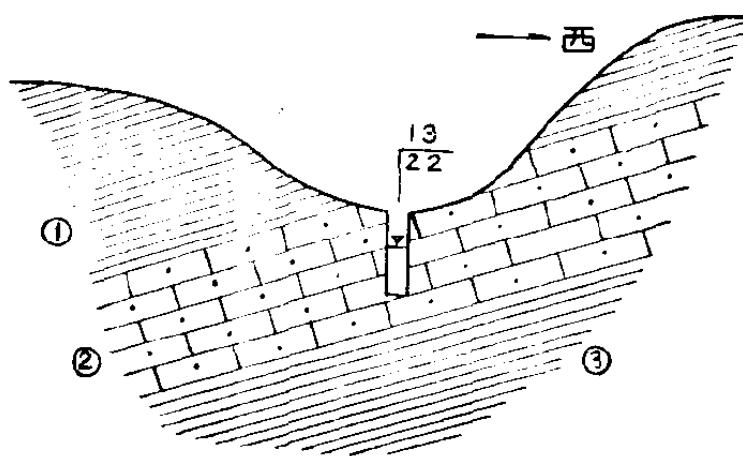


图25 宅仓村民井地质剖面图

①寒武系中统页岩；②寒武系中统鲕状灰岩；③寒武系中统下部页岩。

(2) 两硬夹一软，柔软岩层阻水源

在北方大面积分布的震旦系白云岩和寒武系、奥陶系石灰岩中，常夹有相对柔软的薄层泥质灰岩、泥质白云岩及页岩。由于相对硬脆的灰岩及白云岩在构造变动中较柔软岩层裂隙发育，当地下水顺裂隙运动遇柔软岩层时被阻，迫使地下水沿软硬岩层的接触面运动，灰岩、白云岩被溶蚀，形成溶隙、溶孔及溶洞等，地下水便富集于这些空间，当被切割出露地表时，于地形低洼处常有泉水顺接触面流出。河北易县三尖岭和上、下铺之间的泉水及溴水坑的泉水，就是沿震旦系白云岩与下伏泥质白云岩夹层的接触带出露的（图26,27）。在利用这类地下水时，若是上层滞水，打井或扩泉，切不可打穿柔软夹层，否则漏水，同时，当地势较高时，打井应在软弱夹层的上层接触面，这一点应当特别注意；当地势很低，地下水浅埋时，柔性

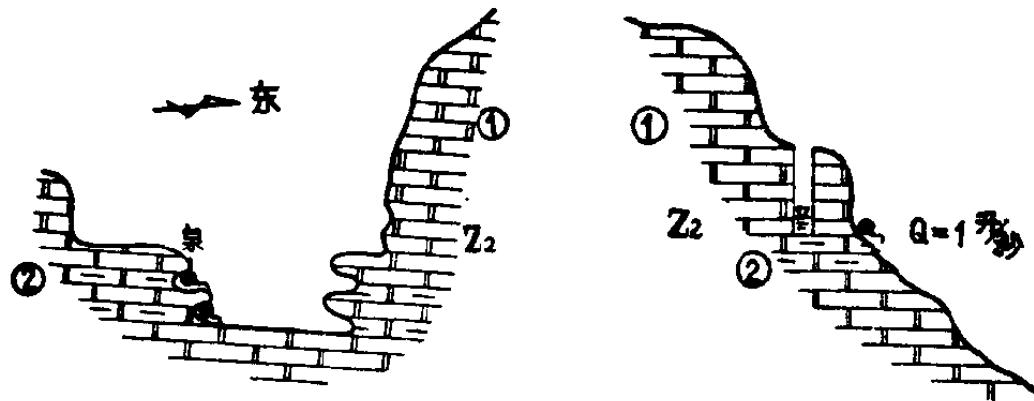


图26 上铺附近泉出露地质剖面示意图

①硅质白云岩；②泥质白云岩，
Z₂震旦系中统。

图27 溉水坑西山泉出露地质剖面示意图

①硅质白云岩；②薄层泥质白云岩，
Z₂震旦系中统。

夹层上下接触面都可富水。如河北曲阳新赤峰村中井，位于震旦系白云岩中，原来在相对隔水的细晶含锰白云岩之上，水量够全村饮用，后经加深打透细晶含锰白云岩夹层后水上涌，日出水量达300吨(图28)。

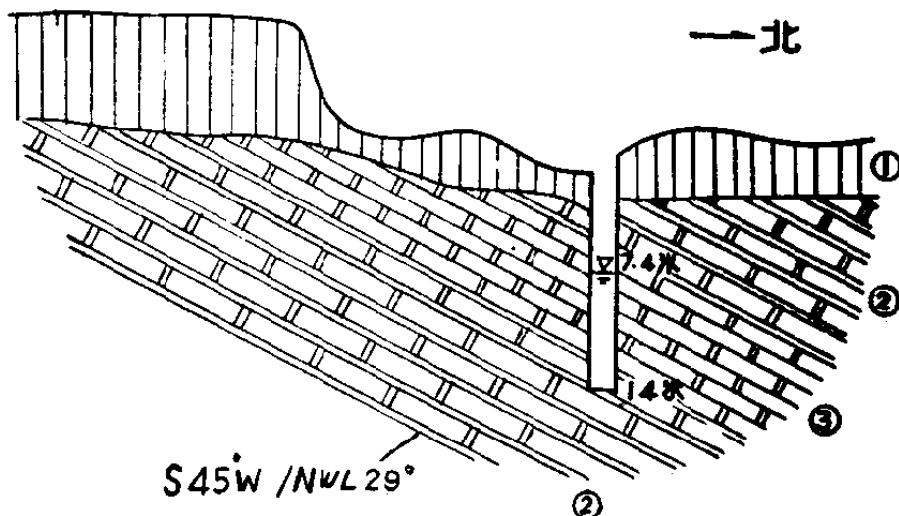


图28 新赤峰民井地质剖面图

①黄土；②白云岩；③细晶含锰白云岩。

(3) 不同岩层接触带，中间富水可开采
可溶的灰岩、白云岩相对于砂页岩、片麻岩、火成岩等为
含水层，而后者相对为隔水层，由于岩性差异，在构造变动中，

不同岩性的岩层易沿接触面产生相对运动，致使接触带裂隙相对发育，当灰岩、白云岩等含水层中的地下水运动至片麻岩、火成岩时，往往因透水性差受阻而沿接触带运动，同时因灰岩、白云岩为可溶性岩层，活动于接触带的地下水沿其裂隙产生溶蚀，因此，在接触带的可溶岩一侧常形成富水带，群众中说的“青山压红山，中间常有泉”就是属这种情况。如图

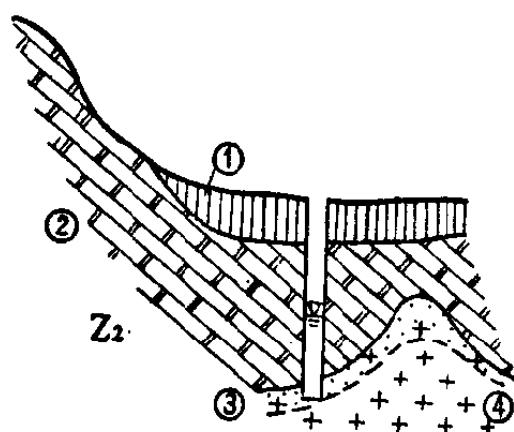


图29 北庄井地质剖面示意图

①黄土，②白云岩，③蚀变带，
④花岗岩，Z₂震旦系中统。

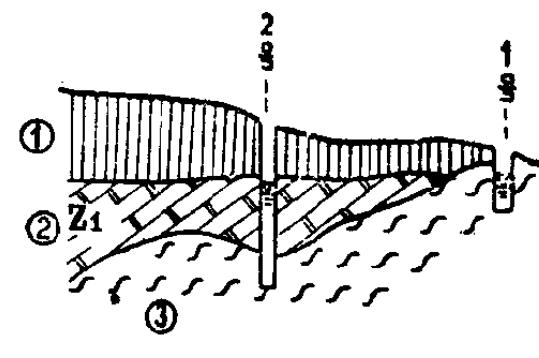


图30 丰庄井地质剖面示意图

①黄土，②白云岩，③变质岩，
Z₁震旦系下统。

29，在火成岩侵入白云岩内，在接触面上形成蚀变带，裂隙和溶蚀裂隙发育，由于下部托水，对地下水富集有利。这口井不仅解决人畜饮用，而且还解决部分点种问题。图30为白云岩盖在变质岩上。他们的分界面是一个不整合面，波状起伏，风化严重，裂隙发育，白云岩透水，渗入界面，使地下水集存在这里，不同部位两个井，2号井水量较大，1号井水量甚微。在寻找接触面(带)类型的地下水时，特别要寻找青山压红山交界面起伏的低洼部位。又如河北曲阳县米家岗大队，在白云岩与片麻岩接触带的白云岩一侧打井，深14米，水位埋深4米，每小时出水30吨，浇地200多亩；使全村土地水利化，可为一眼机井闹革命的典型。

在利用不同岩性接触带找水时，必须注意地下水的流向

及区域地下水位，同时还要有一定的汇水条件等适当的地貌位置。一般是含水层位于地下水上游时有利，位于下游，只有当区域地下水位埋藏浅时才有可能成井。

(4) 区域含水层，打到巧处可成井

区域含水层，即在一个地区内，一般情况下普遍含水的岩层。灰岩、白云岩、砂岩、砾岩等一般为相对的含水层，但是，由于基岩裂隙含水不均一的特点，同时受到不同的地质构造、地貌条件的影响，并不是处处都含水，所以，在找水工作中，除寻找和认识区域含水层外，还必须注意岩层间的相互组合关系和地质构造及地貌条件。区域含水层的确定，主要是通过对岩性、出露泉水特征，打井扩泉实践及其他有关资料的综合分析、研究对比，把那些相对含水条件好的（如岩溶发育的灰岩、白云岩），普遍有泉水，流量大而稳定，打井水量大，扩泉效果好和钻探漏水多，抽水量大等特点的岩层确定为区域含水层。从华北区域性资料分析，震旦系白云岩和奥陶系灰岩可视为区域性含水层，寒武系下部紫红色页岩、石炭二迭系砂页岩为区域性隔水层。不少地区结合当地具体情况又划分出了适合于一个县或几个县，以至一个地区的地区性含水层和地区性隔水层。如河北保定地区，把寒武系中统张夏阶厚层鲕状灰岩、毛庄与徐庄阶交界处的薄层鲕状灰岩等都作为当地的地区性含水层对待。不少地方把震旦系白云岩中夹的泥质白云岩、下马岭千枚岩等作为地区性隔水层。

区域含水层在不同的构造部位和不同地形地貌条件下，其含水性也有很大的差异。当断裂构造不发育时，含水性往往甚差；当所处地势较高，在区域地下水位以上时，往往漏水而不含水，如奥陶系纯灰岩、寒武系中统张夏阶厚层鲕状灰岩，在邯郸地区的武安、涉县、磁县等山区，虽厚度较大，但出露位置高，透水而不含水；当汇水条件较差、分布范围小时，往

往水量不大。所以，对于区域含水层的开采利用和井孔位置的布置，同样要进一步结合地质构造、地形地貌、地下水埋深而定，其井的深度，应视该处的水位埋深、含水层的厚度、隔水层的埋深等因素而定。如图31，井打的是灰岩区域含水层，该处灰岩分布面积较大，有一定的第四系松散层覆盖，地势较低，地表汇水面积较大，大气降水渗入后，在其灰岩表面易形成溶洞或溶蚀裂隙，井深只10.3米，日出水量达300余吨。

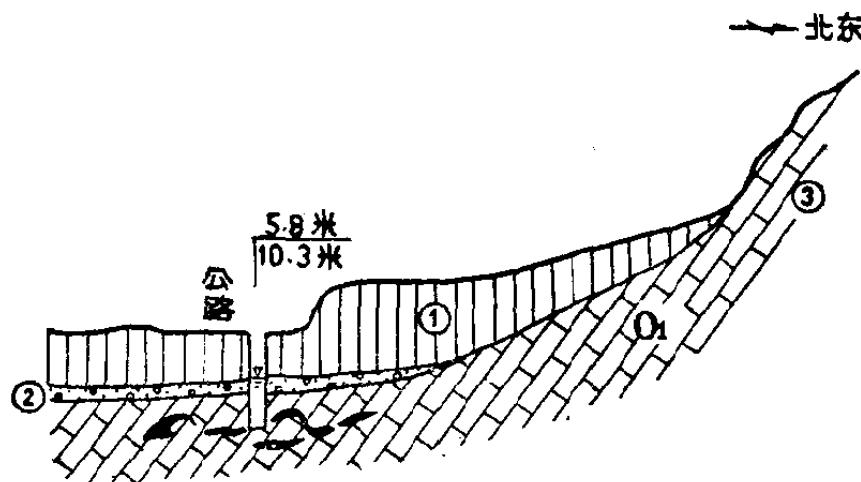


图31 导务村民井地质剖面示意图

①黄土；②砂砾石；③石灰岩；O₁奥陶系下统。

对于夹在页岩中的薄层灰岩区域含水层，由于层薄，水量甚小，但它常年不干，可解决部分饮水问题(图32)。这种含水层中的地下水，开采时顺岩层倾斜方向开挖比打直井水量稍大。如图33，为河北曲阳县东口南三叉口井，顺直立的泥灰岩夹层开挖，出水量达每小时10吨左右。

(5) 隔水岩层风化层，地势低洼可挖井

页岩或砂页岩等隔水或弱隔水岩层，经长期风化作用，表

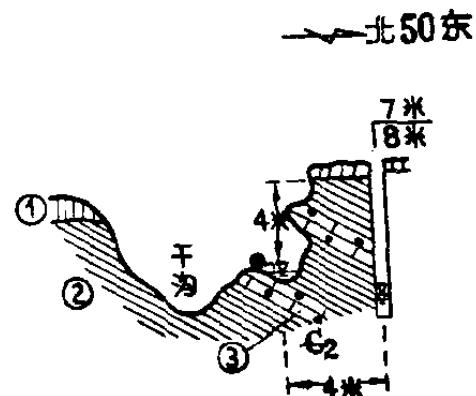


图32 罗个庄附近民井地质剖面示意图

①黄土；②页岩；③鲕状灰岩。

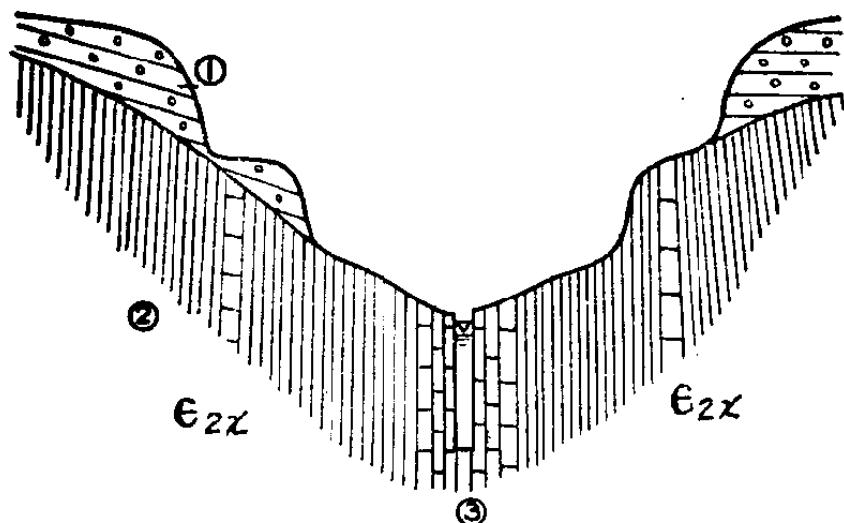


图33 东口南三叉口井地质剖面图

①砾岩；②页岩；③泥灰岩； E_2x 寒武系中统徐庄组。

层风化裂隙发育，大气降雨可以渗入其中，但由于风化作用随深度增加逐渐减弱，以致岩石完整隔水，形成上层滞水或潜水。由于岩性柔软，裂隙的张开性有限，这种地下水迳流缓慢，水量一般不大，在浅层相对均匀分布，水位随地形起伏变化，出现“山高水高”的现象，如图34，在页岩产状较平缓的缓坡地带，一连打三井，井井见水，常年不干。特别是当地势低洼，岩层有一定的构造变动，有第四系松散层覆盖时，更利于地下水的补给与储存，常可获得较大水量。如图35、36所示，该二井均靠近断层，由于构造作用，利于风化裂隙的发育和降水

渗入，加之地形低洼，地表汇水条件较好，二井都可供机泵断续抽水。当丰水期不用水时，水位上升可溢出井口。

2. 地质构造法

即从地质构造角度出发，结合岩性、地貌条件去寻找富水部位的方法。下面指出在一定条件下的裂隙水富水规律，

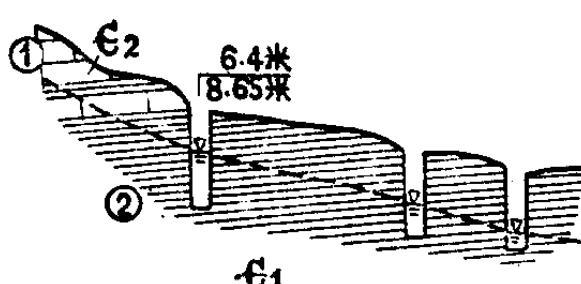


图34 龙旺水饮水井地质剖面

①石灰岩；②页岩；
 E_1 寒武系下统； E_2 寒武系中统。

它突出了构造方面的主要特征，应用时尚需考虑岩性、地貌等因素。

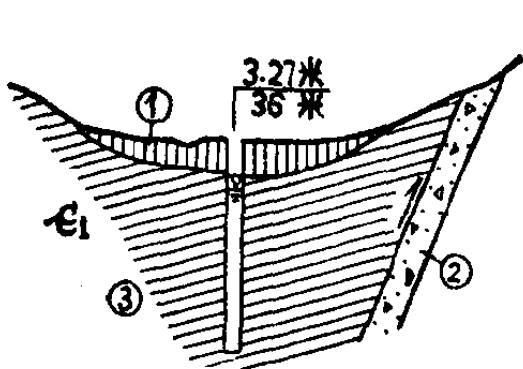


图35 史家沟井地质剖面示意图

①第四纪松散层；②断层破碎带，
③页岩；C₁寒武系下统。

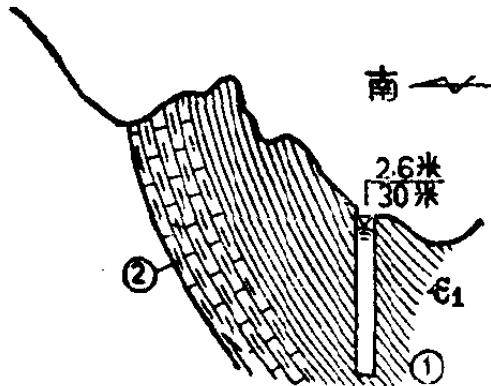


图36 龙王庙井地质剖面示意图

①页岩；②泥质灰岩；
C₁寒武系下统。

(1) 水平岩层分布区，扭裂含水在低地

岩层近于水平分布，这反映当地岩层在地质历史中经受的构造变动轻微，其岩层间的裂隙发育较差，加之层面裂隙很少出露地表，即使是出露地表，也多顺地表排泄而不利于大气降水渗入，所以，在岩层水平产出的条件下，层面裂隙常含水微弱或不含水，其地下水主要埋藏在由水平压力作用所形成的扭裂隙中。但是，在构造变动微弱，断裂不发育的条件下，扭裂隙的含水性也还是较差的。只有在一些扭裂隙密集、并经后期风化作用改造后才能形成相对富水地段。扭裂隙发育的河谷洼地，一般风化作用强烈，又便于地表、地下水的汇集，所以，常是水平岩层地区找水的重要地段。如陕西水文地质队在产状平缓的侏罗系粉细砂岩地区找水，他们根据地质力学的观点，利用扭裂隙在平面上呈“×”型疏密展布的规律，在扭裂隙发育的河谷中找到了富水地段，解决了当地的供水问题(图37)。

另外，在水平岩层地区找水中，还必须注意岩性条件。柔塑性岩石，塑性变形不易产生裂隙；硬脆岩石，在构造变动中

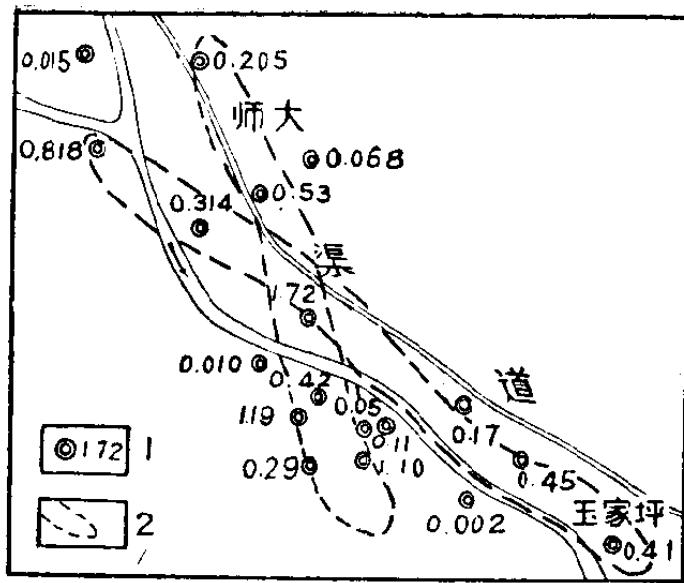


图37 某地富水地段分布图

1. 钻孔及单位涌水量；2. 富水带分布范围(单位涌水量 >0.2 升/秒·米)。

易于产生碎裂，利于含水，特别是可溶的硬脆岩石，碎裂后易遭风化溶蚀，形成溶隙溶孔及溶洞，更利含水。但是，若当地的侵蚀基准面低，硬脆岩石很厚，下无隔水岩层存在，地下水埋藏很深时，又常因地下水漏失而不含水，所以水平岩层分布区，在扭裂隙发育密集、岩性硬脆或可溶的河谷低洼地方有利地下水富集。

(2) 陡倾、缓倾、单斜层，缓倾层中易成井

单斜岩层地区，常为大型褶曲的一翼。岩层经受构造变动较强烈，其层面裂隙和扭裂隙均比水平岩层区发育，含水性亦相对较好。但是，岩层倾角不一样，其富水性也有较大的差异。在岩性相同的条件下，缓倾斜的岩层比陡倾斜的岩层含水性好。因为，岩层在构造变动中，在同一方向压应力作用下，高角度岩层的层面和压性结构面接近，受压应力作用，层面裂隙一般较闭合；而缓倾斜的岩层，其层面和竖向拉应力垂直，即接近张性结构面，受引张应力作用，层面裂隙相对张开性好，且较发育，在用垂直取水工程开采时，在相同的深度内，

缓倾的岩层比陡倾的岩层多揭露含水层的层面裂隙，因而相对富水。如徐州附近的一个矿区为一北东向的向斜，两翼陡缓不一，北端的一号、二号矿，西北翼岩层倾角较小(10° — 45°)，含矿层中石灰岩含水层的单位涌水量都很大(3—96升/秒·米)，而东南翼岩层倾角较陡(60° — 90°)，含矿层中石灰岩含水层的单位涌水量比西北翼小得多(0.05—3.0升/秒·米)。又如湖南的一个矿区，为一北东向的不对称向斜，勘探和开采结果，均证明地下水主要富集在缓倾斜的东南翼(见图38)。

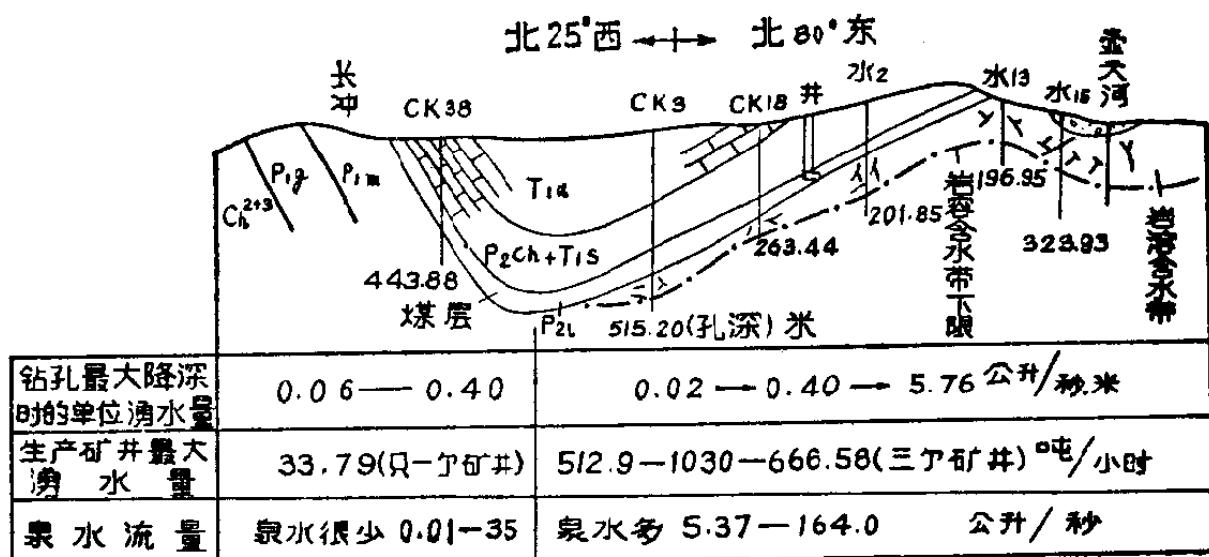


图38 湖南某矿区向斜两翼富水性资料对比图
(该剖面位于向斜构造东北端)

由上不难看出：对于单斜层状岩石的富水性，岩层倾角的大小是主要影响因素。

第一，近水平的岩层，其富水性主要取决于表层风化裂隙及扭裂隙的发育状况。一般讲，富水性较差。如山西水文地质队在找水中总结出“岩层平如桌，水源不太多”。这是因为岩层水平，切割成沟谷，层间一点点地下水常被泄出；特别是上部存在弱透水或隔水层时，更不利于大气降水渗入。这种情况只能在低洼地带打井取水。因前面对这问题已有叙述，这里

就不多说。

第二，中等倾斜岩层的富水性，主要决定于倾斜岩层的分布规模及组成岩层的相互组合关系。一般单斜岩层出露广阔，且中间夹有可溶岩岩层时，则在其单斜岩层最低处地下水最易富集，也可称为单斜岩层地下水的溢出带。

山西把这一情况总结为“岩层象个坡，坡下蓄水多”。蓄水量的大小则与单斜岩层倾角及延伸远近、含水层、隔水层厚度及裂隙发育程度有关。

第三，岩层产状与地形的组合关系。主要指补给条件和是否利于裂隙(或孔隙)岩层的渗透条件之间的关系。一般沟谷纵坡和岩层产状均以不大角度向相反方向倾斜，较地形坡向与岩层倾斜方向一致的富水条件好。若岩层顺谷坡倾向下游，当岩层倾角与坡度相近或小于坡角时(如图39A)，则因不利大气降水或地表水的渗入和地下水沿层面运动过程中易于排出地表流失而不易富水；当岩层倾角大于坡角时(图39B)，岩性条件相同情况下，下游段较为富水；若岩层倾向与坡向相反(图39C)，因含水岩层的裂隙，尤其是层面裂隙吸收的下渗水流不易流失，常沿层面裂隙向深部运动，只有当含水岩层的裂隙完全充满水时，地下水才会溢出地表，因此，其地下水的补给条件较好，利于富集。在这种情况下，当地下水位埋藏不深和岩性条件适宜时，在沟谷的上游段和下游段均可以打井。

(3) 岩层褶皱似浪翻，挤压断碎常有泉

在砂岩、页岩互层或页岩与薄层灰岩及泥灰岩互层的地区，由于水平挤压压力的作用，岩层发生褶曲，上部岩层常因竖向压力较小，易产生次级小褶曲，甚至还会出现直立、倒转或扇形褶曲，岩层裂隙十分发育，较软岩层易受风化剥蚀，构成沟槽，较硬岩层突出地表，从外表上看好象浪花翻滚。如图40所示，由于水平挤压作用，把灰岩、页岩、泥灰岩互层的岩层挤

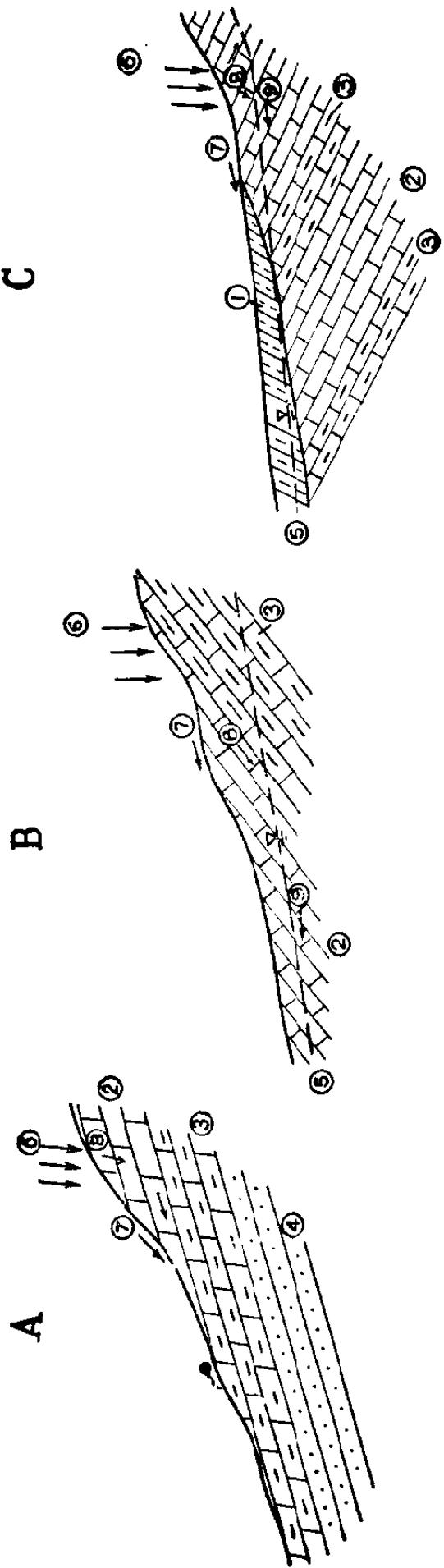


图39 不同岩层产状与地形坡向关系对地下水形成图示

- A. 岩层倾向与坡向一致, 岩层倾角小于地形坡角;
 - B. 岩层倾向与坡向一致, 岩层倾角大于地形坡角;
 - C. 岩层倾向与坡向相反。
- ①第四系松散层；②灰岩；③泥灰岩；④砂岩；⑤地下水位；⑥降雨；⑦地表水流向；⑧降雨渗入地下大致方向；⑨地下水流动方向。

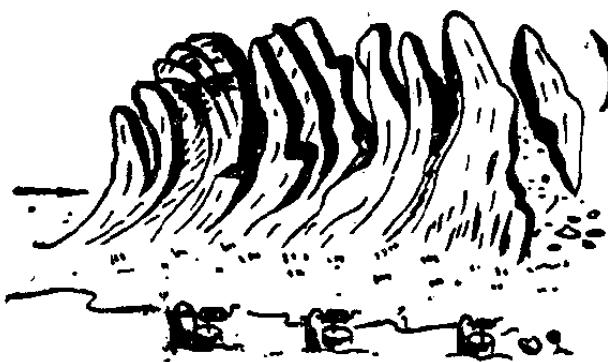


图40 小掌村附近被破坏的褶皱素描

压得十分破碎，在横向发育的沟中150米范围内，灰岩和泥灰岩中有数处泉水流出，现已打成一排水井，井井有水。由于裂隙发育，岩层近直立或倒转，页岩起阻水作用，地下水迳流滞缓，多由横向沟谷排泄，

虽水量不大，但常年有水，可作为缺水地区饮用或点种水源。须注意的是：过软岩层被挤压成泥状不易成井，同时，寻找此种构造现象与区域性大的构造挤压带或逆断层形成的局部相似构造加以区别，因为，后者往往起隔水作用。

(4) 浅缓向斜谷(或构造盆地)，轴部(核部)水源富

浅缓的向斜谷，指的是向斜两翼岩层平缓、含水层在翼部出露面积较广、轴部埋藏较浅、有利于地下水的补给、迳流和汇集的向斜谷。若含水层为可溶岩类，还利岩溶发育，故一般水源是比较丰富的。对于浅缓的构造盆地，同样具有上述特征，其核部也是富水的理想地段。云南蒙自盆地为一浅缓的构造盆地，主要含水层位为中三迭统个旧石灰岩，在盆地四周有较大面积出露，盆地中心埋藏深度小于150米，岩溶普遍

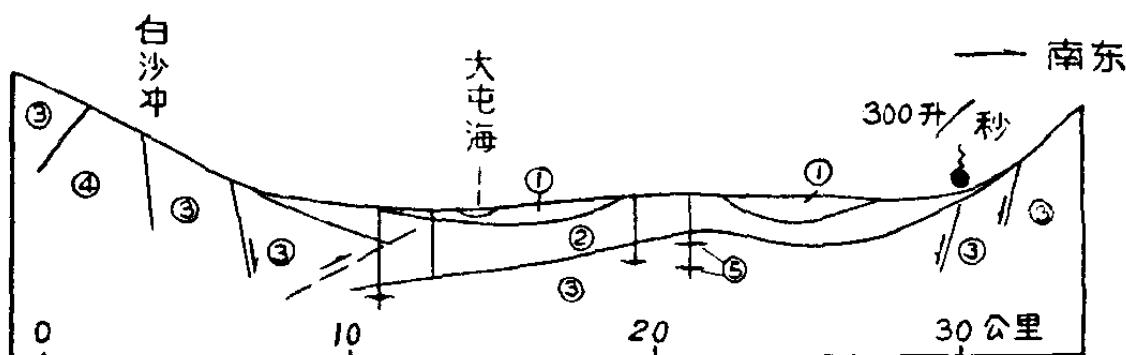


图41 云南蒙自盆地地质剖面图

①第四系冲积粘土；②第三系小龙潭组泥灰岩；③中三迭统个旧石灰岩；④花岗岩侵入体；⑤钻孔中揭露的溶蚀部位。

发育，钻孔涌水量达500—2000吨/日（图41）。

值得指出的是，在生产实践中，有许多大型向斜构造的轴部一带并不一定是富水部位。湖南不少盆地及向斜，经过勘探证明在轴部（核部）一带钻孔的单位涌水量是比较小的。这是因为岩层中的裂隙及岩溶发育具有随深度增加而减弱的规律，两翼含水岩层延伸至轴部时已埋藏很深，裂隙及岩溶发育亦差；再则大型向斜轴部常为宽阔的谷地，形成当地的侵蚀基准面，在接近轴部的山丘与谷地交接地带，地下水大量溢出，减少了水头压力，不利再向侵蚀基准面以下的轴部运动，故轴部地下水运动滞缓，水源较差。

另外，对于分布面积不大，位置较高或两翼岩层产状较陡的向斜构造，因其轴部水源补给有限，富水条件较差。如河北完县永胜村钻孔，位于小型向斜轴部，位置较高，深120米，水位埋深41.5米，水量还不足2吨/时（图42）。

（5）向斜两翼不对称，缓倾翼上易成井

两翼不对称向斜比较对称向斜常见。对于规模较大的不对称向斜，较陡的一翼往往构成较高的地形，因岩层陡，含水层出露面积较小，迳流条件好，不利地下水贮存；而缓倾翼往往形成低缓的山地或平川，含水层出露面积较大，地下水补给条件好，迳流较滞缓，有利地下水停积，因此缓倾翼地下水较丰富。在一些向斜的轴部为山地，或者轴部存在隔水岩层时，缓倾翼常为向斜构造的排泄带，在这种情况下，缓倾翼地下水更为丰富（图43）。

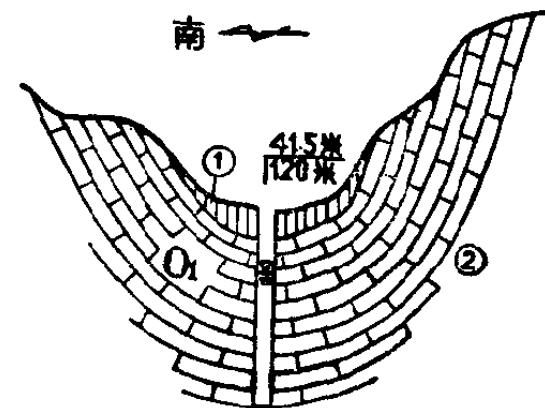


图42 永胜村钻孔地质剖面

①第四纪松散层；②石灰岩；
O₁奥陶系下统。

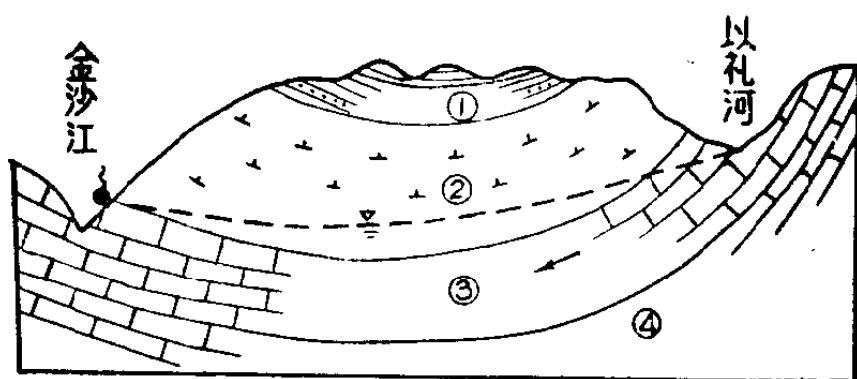


图43 不对称向斜两翼富水状况图

①三迭系砂页岩;②二迭系玄武岩;③二迭系灰岩;④石炭系白云岩。

复式向斜中的局部隆起地带，往往有纵向张裂隙发育，若直接为含水岩层出露，是比较有利补给和贮存的。又因于复向斜之中，也利地下水的汇集，一般水量是比较丰富的。水量大小除与含水层岩性和构造条件外，还应考虑补给和贮存的条件。

对于两翼岩层陡、挤压紧密的向斜构造和背斜构造，由于所受挤压力与层面近于垂直，使层面之间的裂隙密闭，地下水主要运动于垂直或斜交层面的裂隙之中，再因岩层近于直立，出露于地表的宽度比其缓倾岩层大为减少，限制了对地下水的补给范围。因此，这类向斜构造或背斜构造是不利地下水运动和富集。

(6) 背斜轴部背斜谷(或背斜型盆地)，张裂隙发育水源足

背斜主要是由水平挤压作用造成的。在形成背斜的形变过程中，往往沿背斜的轴部有纵向张断裂产生，对于规模较大的背斜，还有次一级横向张裂隙伴生，为地下水的补给和贮存提供了有利条件。特别是在纵向张断裂的基础上，受到地表水流的侵蚀，形成谷地或盆地，就形成了背斜谷或背斜型盆地了，这样更利降雨和地表水对地下水的补给，水源是比较丰富

的。例如山东长清县城南之北东向背斜，轴部由中奥陶统马家沟灰岩组成，纵向张性断裂发育，并有横向张裂隙发育，岩石破碎，沿背斜轴部附近连打八眼井，水量都很丰富，其中1、2、5、6号大井水量120—200吨/时，3、4号钻孔水量也在80吨以上(图44)。

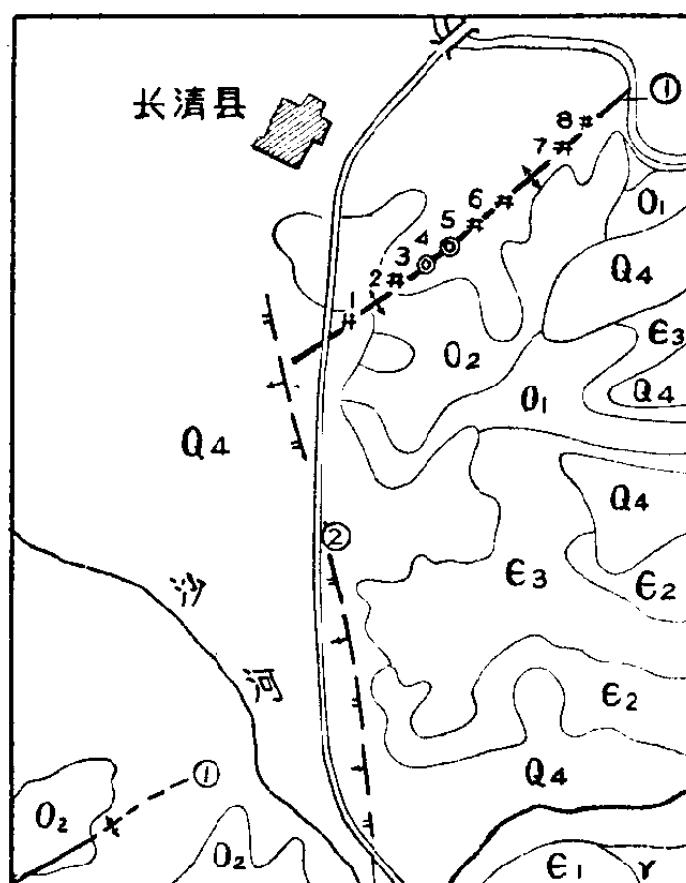


图44 长清县城南背斜轴部富水带主要井位平面位置图

①背斜轴；②压扭性断层。Q₄第四系全新统；O₂中奥陶统；O₁下奥陶统；E₃上寒武统；E₂中寒武统；E₁下寒武统；γ花岗岩侵入体。

又如北京的黄草洼泉水正出露于背斜轴部所形成的沟谷中(图45)。该背斜轴部张开裂隙发育，经过长期风化剥蚀，这些岩块脱落流散而成低谷，大气降水顺裂隙渗入地下，在其纵向斜坡的低处溢出成泉，流量每日达2700吨。

背斜轴部张开裂隙的发育深度，一方面随背斜规模大小而定；另一方面与组成背斜轴部的岩性有关，即脆性坚硬岩石



图45 黄草洼背斜谷中泉水出露地质剖面示意图

① 白云岩; ② 页岩; Z₂ 震旦系中统。

较柔软岩石裂隙发育深度要大。因此，在同样条件下，地下水是否富集或其水量大小，主要决定于岩石性质及其裂隙发育程度。如徐州的孟沟洼地，东、西皆山地，谷地宽4—5公里。山体由寒武系中

统张夏灰岩与炒米店灰岩组成，谷地土层之下为馒头组页岩隔水，不利地表水的渗入补给，虽然构造上属于复背斜所构成的谷地，经勘探结果水量甚微。

(7) 背斜构造倾没端, 地势低洼有水源

倾伏背斜与背斜同样有纵向张断裂发育，在倾没端则以纵向张裂隙居多，而且倾没端在整个倾伏背斜中位置最低，因此整个背斜含水层中的地下水顺裂隙和层间均向倾没端汇集。当倾没端地形低洼时，有利地下水的贮集，水源比较丰富。如河北某矿的黑龙洞泉群，即位于背斜的倾没端（图46）。

有些小型背斜的倾没端位置较高，虽然也能汇集部分背斜中的地下水，因在地下水位以上，溢流排泄而不易贮存，有水也是比较少的，或者直接渗入下伏岩层而并不向倾没端集中。

(8) 轴部隔水的背斜岭，寻找水源在两翼

区域性的大型背斜，轴部出露含水性差的古老变质岩系，往往构成地表分水岭。分水岭地带迳流条件好，补给条件差，加之岩层含水条件不好，因此轴部是不富水的。然而在背斜的两翼，分布着时代较新、向两翼倾斜的沉积岩层，它们接受降雨和轴部古老变质岩中地表及地下水的补给，并不断地向两翼方向运移和贮集。因此对于此种大型背斜构造，地下水

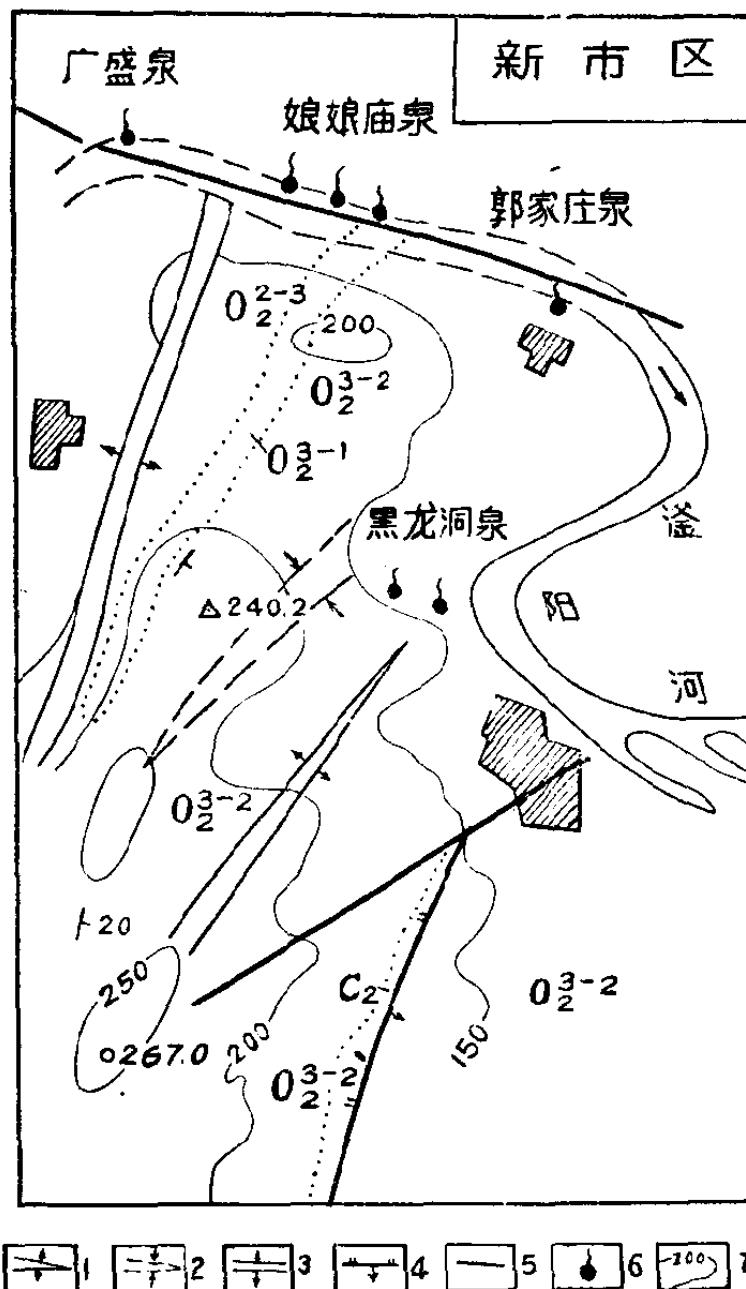


图46 河北某矿附近泉群位置图

1. 倾没背斜；2. 倾没向斜；3. 背斜；4. 压扭性断层；5. 性质不明断层；6. 泉；7. 地形等高线。

C_2 中石炭统 O_2^{3-2} 中奥陶统第三组第二段 O_2^{3-1} 中奥陶统第三组第一段 O_2^{2-3} 中奥陶统第二组第三段。

并不在轴部富集，而应当在两翼的含水层中。如河北省涞源县至满城县间为阜平-白涧穹褶束(大型复背斜)，轴部为片麻岩及花岗岩侵入体，地下水是比较少的，而两翼地下水是比较丰富的，特别是在满城县西部山区大面积分布的震旦系白云岩

中地下水十分丰富,打井数百眼,单井出水量在60—100吨/时以上(图47)。

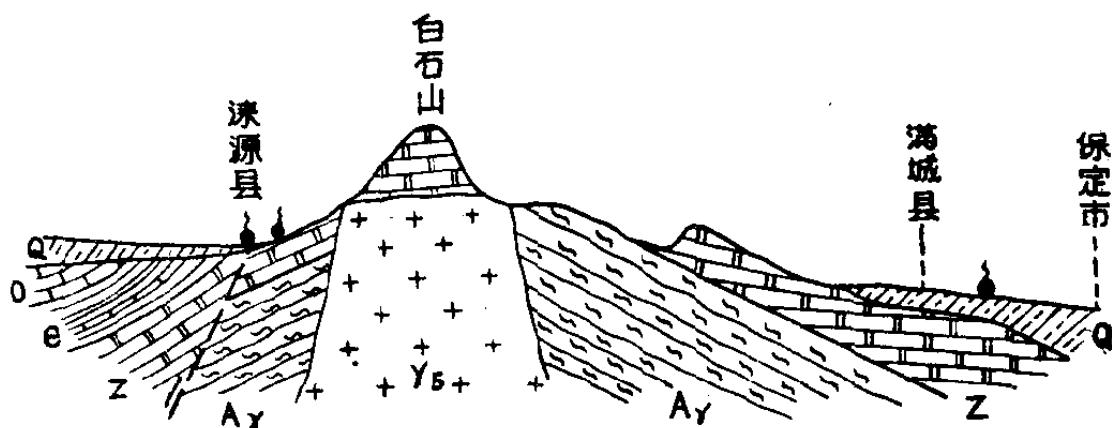


图47 阜平—白涧穹褶束(大型背斜)示意剖面图

Q 第四系松散层; Z 震旦系白云岩; O 奥陶系灰岩; A_Y 前震旦系阜平群片麻岩; E 寒武系灰岩、页岩; Y₅ 燕山期花岗岩侵入体。

(9) 张性断层破碎带, 水量丰富适开采

张性断层是岩石受到拉伸应力作用下产生的。与其他性质的断层相比,规模一般比较小。断层带常见角砾岩, 角砾大小不一, 棱角状, 胶结差或未胶结; 没有或极少见糜棱岩。断层带的宽度沿断层走向与倾向上都有较大的变化, 两盘岩石在断层影响下裂隙发育。胶结不好的角砾岩和张裂隙是比较容易受到风化剥蚀和地表水的侵蚀, 形成沟谷或低地, 是补给

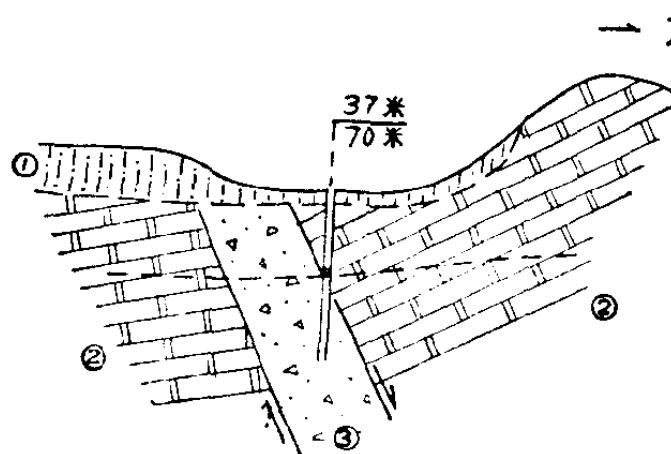


图48 满城县协义28号孔示意剖面图

①第四系黄土状亚粘土; ②震旦系雾迷山组第三段上部白云岩;
③张性断层。

和贮存地下水及岩溶发育的有利条件，加之角砾岩导水沟通地下水的联系，因此只要有一处接受补给和补给条件较好时，在断层的各个部位和两侧张裂隙发育的影响带内打井，都可收到较好的效果。如河北满城县协义28号钻孔，位于北40°西张性断层上盘，断层带宽35米，角砾岩胶结差，角砾较大，直径3—10厘米，两盘岩石较破碎，孔深70米，水位埋深37米，出水量达80—100吨/时(图48)。又如遵化县沙石峪大队，座落在震旦系白云岩上，有一张性断层发育，角砾岩胶结差，角砾较大，在断层上盘或在断层带中打井数眼(图49)，井深60—150米，单井水量每小时60—80吨。再如易县石坑、完县辛庄两钻孔都在断层上，出水量达80—100吨/时(图50)。对于断层倾角不大或断层带不宽的张性断层，应考虑打穿断层揭露两盘地下水，如河北满城县苑庄钻孔，孔深84米，水量达120吨/时(图51)。

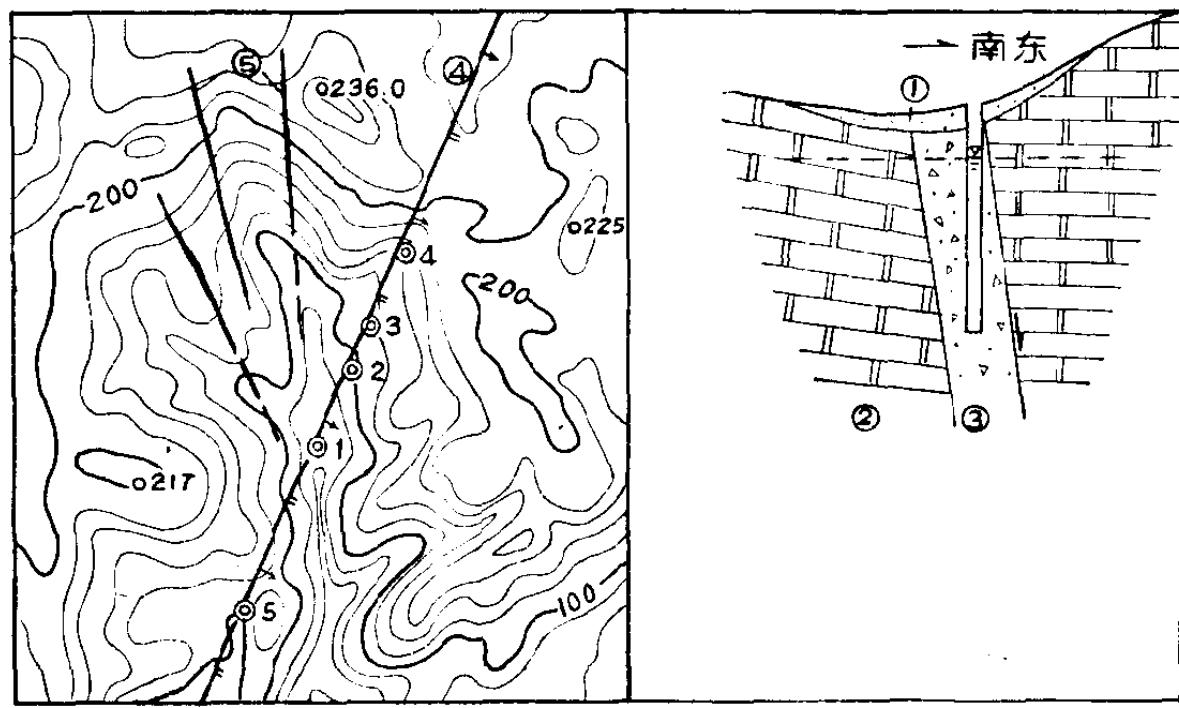


图49 遵化县沙石峪大队机井平面剖面图

- ①第四系松散层；②震旦系白云岩；③断层角砾岩；④张性断层；
- ⑤辉绿岩脉。

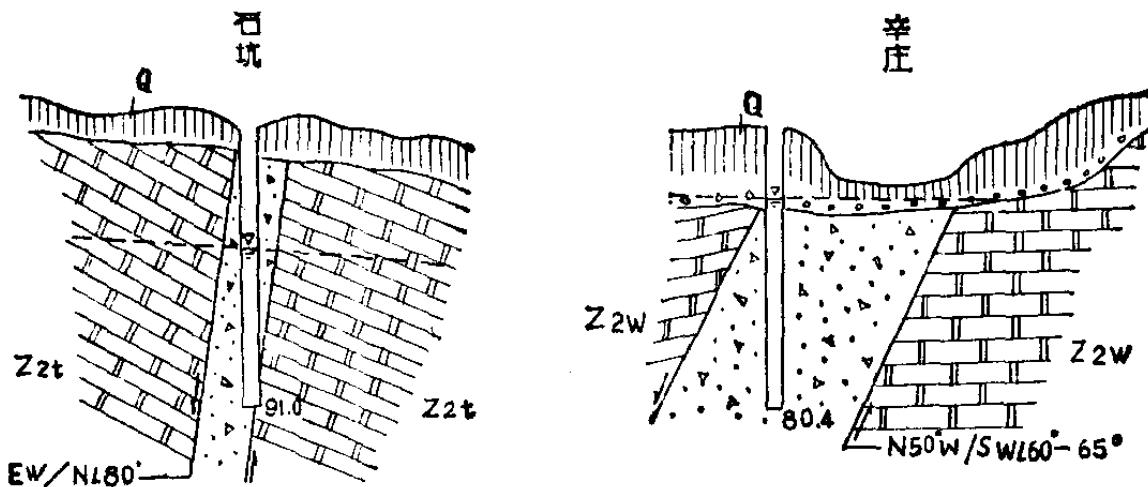


图50 石坑、辛庄两钻孔水文地质剖面示意图

Q 第四系松散层; Z_{2t} 震旦系中统铁岭组白云岩; Z_{2W} 震旦系中统雾迷山组白云岩。

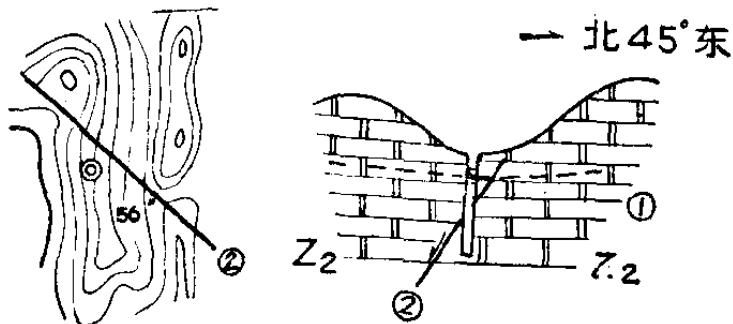


图51 苑庄钻孔位置平面剖面图

①白云岩; ②断层; Z_2 震旦系中统。

当断层两盘为含水性不同的两种岩层接触时，不仅要分析岩石破碎的特点，还要研究不同岩层本身的含水特点，不一定只取断层中的水。如河南密县东关机井，位于近东西向张性断层上。按理应考虑取用断层带及上盘裂隙带中的水，可是该断层的上盘为弱含水的石炭系砂页岩，断层带也主要为砂页岩碎屑构成，易塌且阻水，而断层下盘为中奥陶统马家沟灰岩——本区主要含水岩层。从地表观察，在断层附近岩溶裂隙十分发育，是主要的富水地段。因此在设计井位时，便以下盘灰岩裂隙溶蚀带为目的层，而将上部含水弱、易塌孔部分封

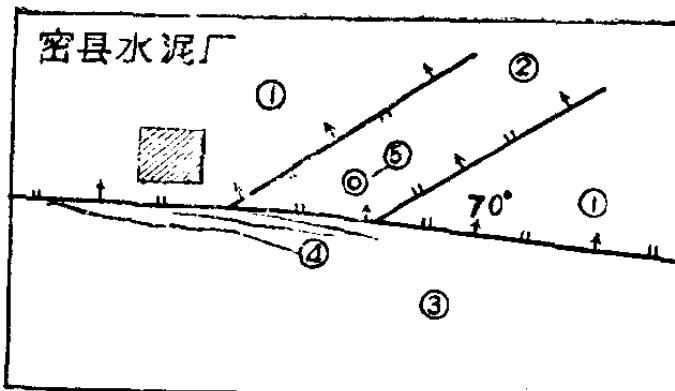


图52 密县东关机井平面位置图

①二迭系砂页岩;②石炭系砂页岩;③中奥陶统石灰岩;④岩溶裂隙发育带;⑤机井。

闭,井深176米,水位埋深63.53米,水量80吨/时(图52)。若含水层处于地下水补给方向一侧,在断层影响下,其下游与阻水岩层接触时,由于阻截了地下水水流,水位升高的现象是普遍存在的,对山区用水是很有利的。如山东肥城县安站公社牛庄钻孔,地面标高达185米,附近区域地下水位仅80米左右,水位埋深应在100—110米,但因在断层影响下,使含水层与阻水岩层相接,阻止地下水水流,水位埋深仅40米,水量达56吨/时(图53)。还有不少地方能够自溢成泉。如河北曲阳

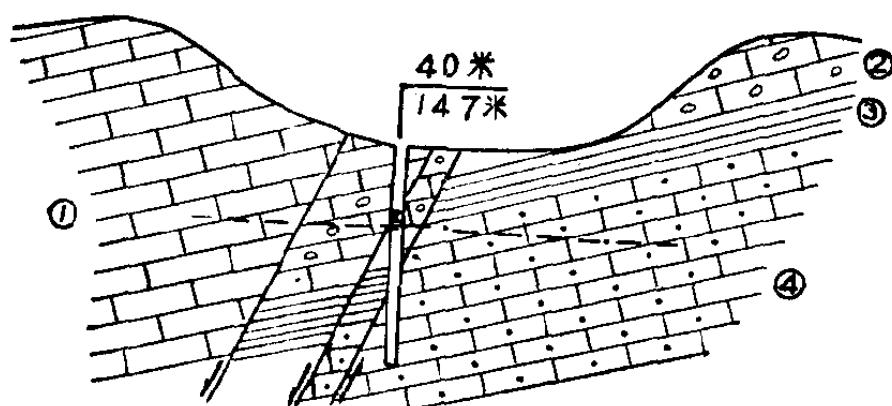


图53 肥城县牛庄大队钻孔剖面图

①上寒武统凤山组灰岩;②上寒武统长山组竹叶状灰岩;③上寒武统个山组页岩;④中寒武统张夏组鲕状灰岩。

县漫石道泉,峪里泉和河南密县西流泉等(图54)。因此,这类

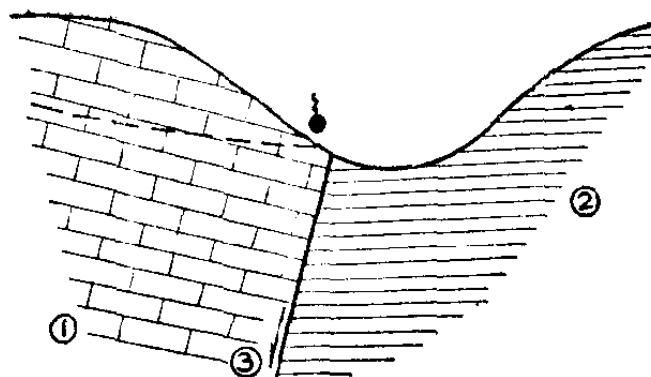


图54 密县西流泉剖面图

①中奥陶统石灰岩；②下寒武统页岩；③张性断层。

接触带只要补给条件良好，其地下水是很丰富的。如河北曲阳县灵山村东北直井，正打在中奥陶统马家沟灰岩与石炭系砂页岩间的张性断层接触带上，井深40米，水位埋深31.8米，每小时出水80余吨（图55）。

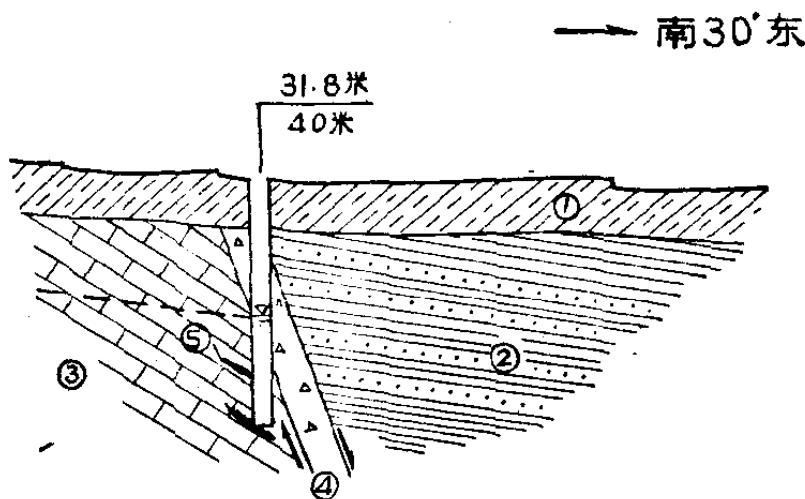


图55 曲阳灵山村东北断层接触带机井剖面图

①第四系亚粘土；②石炭-二迭系砂页岩；③中奥陶统马家沟灰岩；④张性断层破碎带；⑤溶洞。

规模较大的正断层上盘，在摩擦作用下形成拖拽现象，若影响范围大，裂隙发育，也可成为较好的富水地带。

还有不少地方虽然见不到岩层错动位移的断层迹象，但确有相当密集的裂隙呈带状分布，构成裂隙带或裂隙密集

带。这些裂隙带或裂隙密集带是集中的构造裂隙，伸延的比较远，也比较深。由于裂隙密集成带分布，为地下水的活动提供了有利条件。如河北曲阳县东泉水头村大口井，即位于二构造裂隙密集带上，因地面第四系覆盖未能追索到其他构造，顺裂隙带开挖13米，水位埋深7米，水量达30吨/时（图56）。

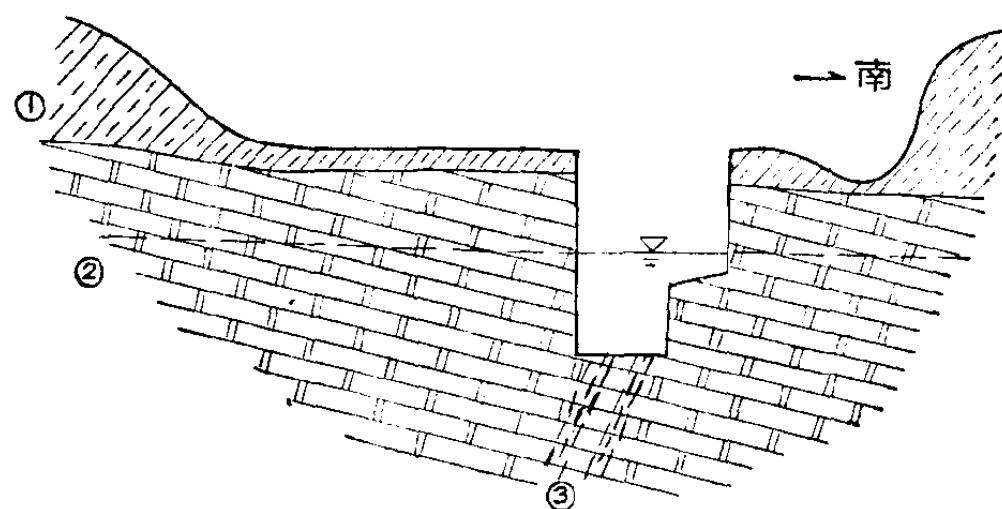


图56 东泉水头大口井示意剖面图

①第四系砂质粘土；②震旦系雾迷山组白云岩；③裂隙密集带。

(10) 压性断层常阻水，找水宜在主动盘

压性断层是岩层遭受强烈的水平挤压力使岩石破裂造成的。断层走向与压应力方向垂直，其规模一般比较大，延伸方向较稳定；常与两侧的岩层走向一致。断层带内的构造岩一般为断层泥、糜棱岩和胶结的细粒角砾岩，有的还有绿泥石、绢云母、蛇纹石变质矿物。从水文地质角度出发，大量的实践证明，压性断层往往起到阻止地下水运动的作用。断层两盘的岩石，由于破坏程度不同和接受补给来源的差异，其富水条件也是不同的：被动盘（一般指逆断层、逆掩断层、冲断层的下盘）岩石受力破坏较差，加之受阻水的断层带，补给受到限制；而主动盘（指逆断层、逆掩断层、冲断层的上盘）由于岩石受力破坏较剧，次级断裂发育，又下伏有阻水的断层带，较利补给和

贮存。因此，对于规模较大的压性断层，断层带阻水，主动盘影响带富水，被动盘影响带较次。如河北曲阳北清阳贯泉水，即是压性断层阻水形成的(图57)。又如北京平谷县南一压性

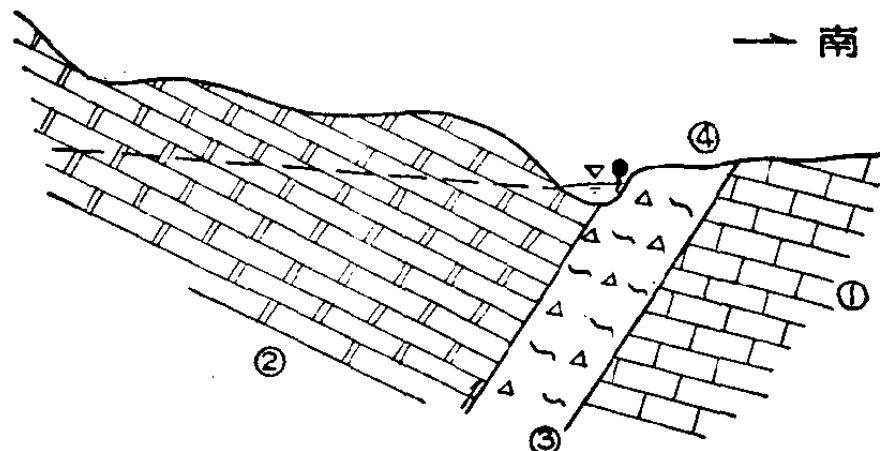


图57 北清阳贯泉示意剖面图

①奥陶系下统亮甲山组石灰岩(被动盘)；②震旦系中统雾迷山组白云岩(主动盘)；③压性断层带；④泉(水坑是人工开挖的)。

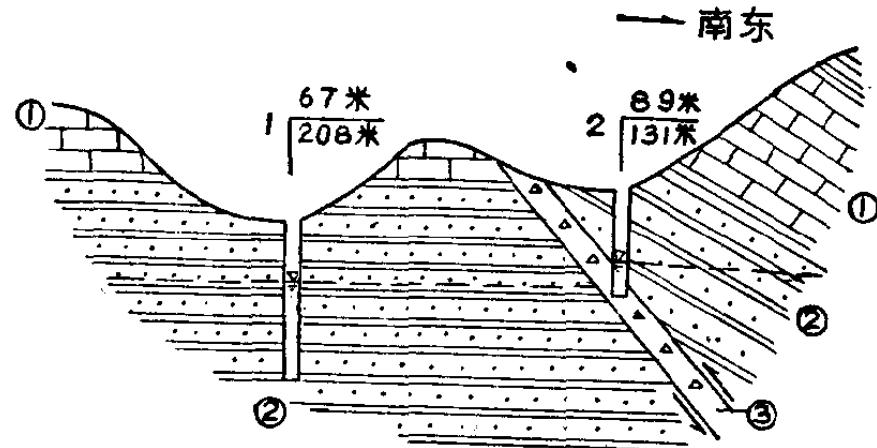


图58 北京平谷县南1、2号井剖面图

①震旦系下统第二段；②震旦系下统第一段；③压性断层及角砾岩带。

断层，在断层上盘打一井(2号)，深131米，水位埋深89米，抽水降深3米，水量达2000吨/日。而在断层下盘离断层较远地方打一井(1号)，深208米，水位埋深67米，抽水降深50米，

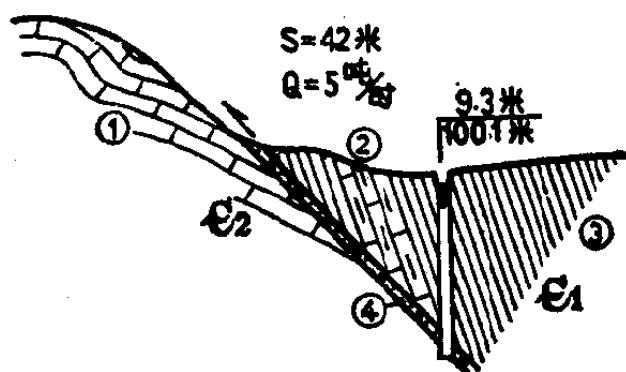


图59 史家沟村东地质剖面示意图

①灰岩；②泥灰岩；③页岩；④压性断层。 C_1 寒武系下统； C_2 寒武系中统。

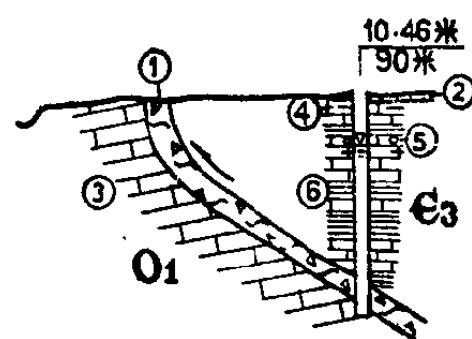


图60 王家庄钻孔地质示意剖面图

①压性断层；②第四纪松散层；③石灰岩；④泥质灰岩；⑤鲕状灰岩；⑥页岩。 C_3 寒武系上统； O_1 奥陶系下统。

水量仅 10 吨/日(图58)。再如河北完县史家沟和王家村钻孔，均揭露了压性断层之下的石灰岩层，但出水量很小，而且还主要是上部弱含水层中的水。足以说明断层带及被动盘含水是比较少的(图59、60)。

压性断层使含水性不同岩层接触的情况是常见的。当含水层处于地下水补给一侧，被压性断层错断后与隔水岩层接触时，在接近断层部位是有大量的地下水汇集，有时溢出地表成泉。如河北完县先锋泉水(图61)。

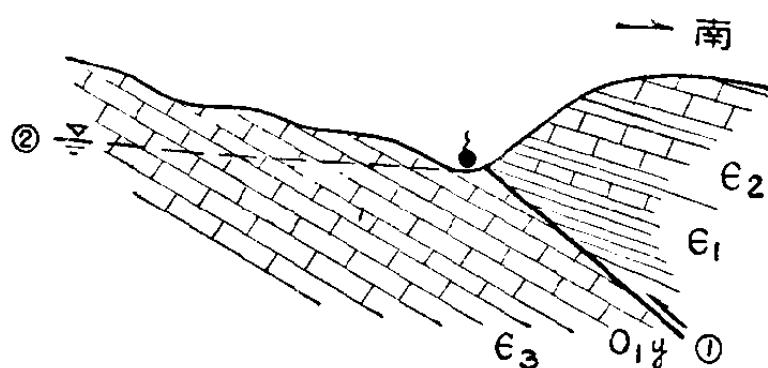


图61 先锋泉水示意剖面图

O_1 奥陶系下统冶里灰岩； C_3 寒武系上统灰岩； C_2 寒武系中统灰岩、页岩； C_1 寒武系下统页岩。①压性断层；②地下水位。

对于规模较小的次级压性断裂面之间的岩体，由于受到

两个断面相对运动的影响，产生裂隙，岩石破碎，也可成为地下水富集地带。

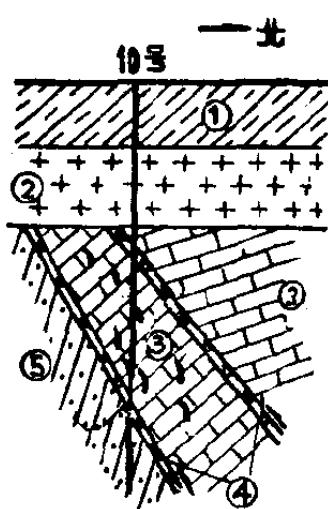


图62 10号孔地质剖面图

- ①第四纪松散层；②火成岩；
- ③石灰岩；④压性断层带；
- ⑤砂岩。

如江苏镇江市10号孔，处于两压性断层带之间的石灰岩中，石灰岩裂隙发育，而且有很多小溶洞。当钻到这层以后，耗水量大，钻孔内一直不返水，抽水时，水位下降7.5米，水量达840吨/日。再有一种情况，在压性断层的尖灭端，它不是以较大的断裂位移消失应力，而是以较多的破裂变形消失应力，因而构造裂隙发育，而且密集，有利于地下水富集（地下水埋藏深度反而变浅）。如图63的152号井，正处在一个近东西方向压性断层东端尖灭的地方，形成挤压的直立岩带，在这打井，井深只9.2米，其水量每小时30—40吨。

图63展示了152号井所在位置的地质条件，该井位于一个近东西方向压性断层的东端尖灭处，形成了一个挤压的直立岩带。

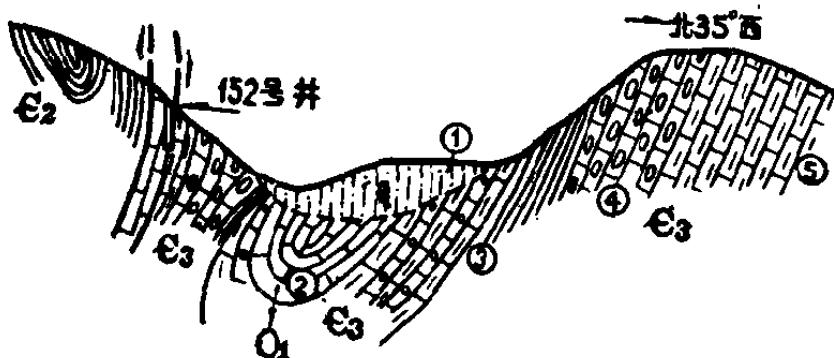


图63 塞子152号井地质剖面图

- ①第四纪松散层；②石灰岩；③页岩；④竹叶状灰岩；⑤泥质灰岩。
- E₂寒武系中统；E₃寒武系上统；O₁奥陶系下统。

(11) 扭性断层影响带，岩石破碎水可采

扭性断层是在力偶或扭剪应力作用下造成的，其延伸方向（断层走向）多与岩层走向垂直或斜交，断层带一般为扭裂破碎的糜棱岩、片状岩，胶结好，宽十余厘米至数米，断层面平

直、稳定和近于直立，时见近水平方向擦痕，规模较大、断层带宽者常起阻水作用。断层两侧岩层在扭性断层的影响下，常有平行于断层面的扭裂隙和张扭裂隙伴生，又因断层带易受风化剥蚀或流水侵蚀而常呈沟槽，有利于地下水的补给和富集。由于扭性断层直交或斜交岩层，被穿切的岩层是比较的，在岩性变化比较大的地区更为明显，使含水岩层被错开，在地下水补给一侧的含水层裂隙带含水条件较优。由于断层带一般宽度不大和近直立、较易开挖之特点，人工打井时也可顺断层带开挖，但最终仍以硬脆破碎的含水层影响带为揭露目标，效果亦好。河南密县胡地东坡井，于北北东向扭性断层上，井深26米，水量达60吨/时（图64）。

纯具扭性的断层是较少见的，多数兼具有张性和压性特征，即为张扭性和压扭性断层，以压扭性断层居多。它们的含水特征从属于张性和压性断层的含水特征，也就是张扭性断层的含水特征具有张性断层的特点，压扭性断层的含水特征具有压性断层的特点。

需要指出的是，有的断层在漫长的地质历史中是经过了多次变动，所受到的构造应力也是有差异的。在这种情况下，我们就需要进行认真细致地分析，判断最后构造变动时起主要作用的应力特征。若是引张应力的再作用，即显张性断层含水特征，若是挤压应力的再作用，则具压性断层含水特征。

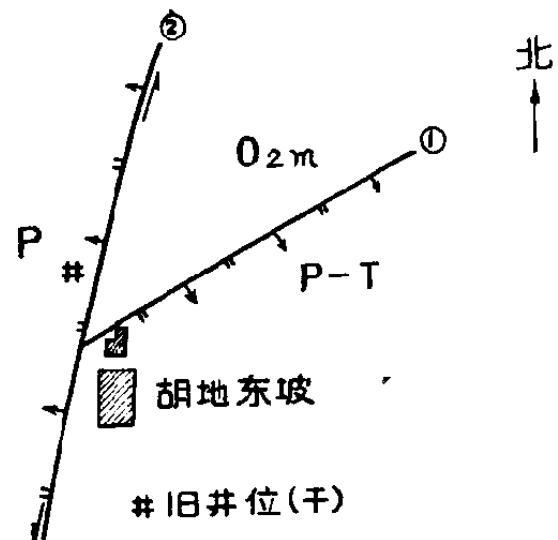


图64 胡地东坡井平面位置图

P-T二迭及三迭系砂页岩；P二迭系砂岩；
 O_2m 奥陶系中统马家沟石灰岩。

①张性断层；②扭性或张扭性断层。

如河北完县南山大断层，断层带宽达百余米，根据分析为张性断层后经挤压应力作用形成的压性断层，在断层带上连打三个钻孔，均因水少或塌孔告终，显示压性断层的含水特征。

断层的富水条件是非常复杂的，需要综合考虑断层的性质、规模、构造岩的导水(阻水)特点、两盘影响带裂隙发育程度和断层活动的多期性，还要注意断层两盘岩层的含水(隔水)条件及地下水补给来源，我们必须认真对待，躲弊取利，寻找有利富水部位打井，才能收到预期效果。

(12) 主支断层交接处，地下有水常较富

在实际工作中，经常可以见到在较大的断层附近有次级小断层伴生，特别是对于含水条件较差的压性、扭性断层伴生的支断层，对找水工作是很有意义。在主断层与支断层呈锐角相交的地带，应力比较集中，所受张应力和扭应力较大，张裂隙和扭裂隙是比较发育的，岩石破碎厉害，往往成为地下水的富集场所。在支断层靠近主断层上打井，水量较大。如河北完县大道北钻孔，如图65所示，在北36°西方向大断层附近

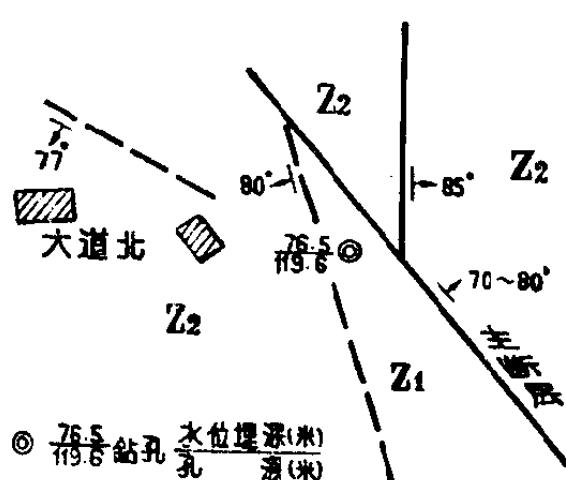


图65 大道北钻孔平面位置图

Z₂ 震旦系中统白云岩；
Z₁ 震旦系下统白云岩。

有北8°东和北15°西两条断层与其相交。断层两盘岩性都是白云岩，钻孔位置处于地表分水岭，但地下裂隙沟通性好，在钻孔打到96米至102米时严重漏水，钻孔深119.6米，水位埋深76.5米，虽然因为塌孔只剩下85米深，经抽水，每下降1米，涌水量每小时2吨左右，如果成井，估计水量较大。满城

县协义26号孔，如图66所示，位于北东向构造体系压性断层

(主断层)与低序次压性断层(支断层)交接处的支断层上,岩性全为震旦系雾迷山组白云岩,孔深80米,水量80—100吨/时。

(13) 断块、地堑含水层,有利汇水可打井

构造断块和地堑,是由数个断层组合成的地质体。断层的规模一般比较大。地堑由张性断层构成,而且断层向地堑中心倾斜,大型地堑在地貌上

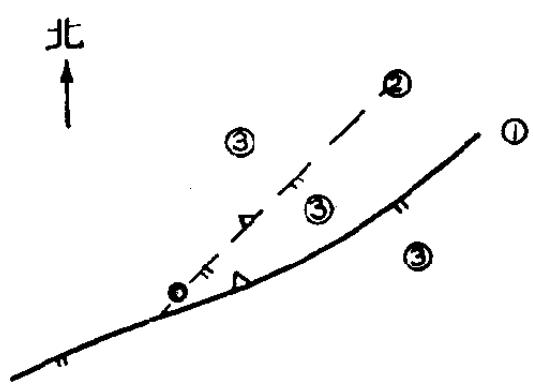


图66 满城县协义26号孔平面示意图

- ①北东向压性断层(主断层);
- ②北东向低序次压性断层(支断层);
- ③震旦系雾迷山组第三段中部白云岩。

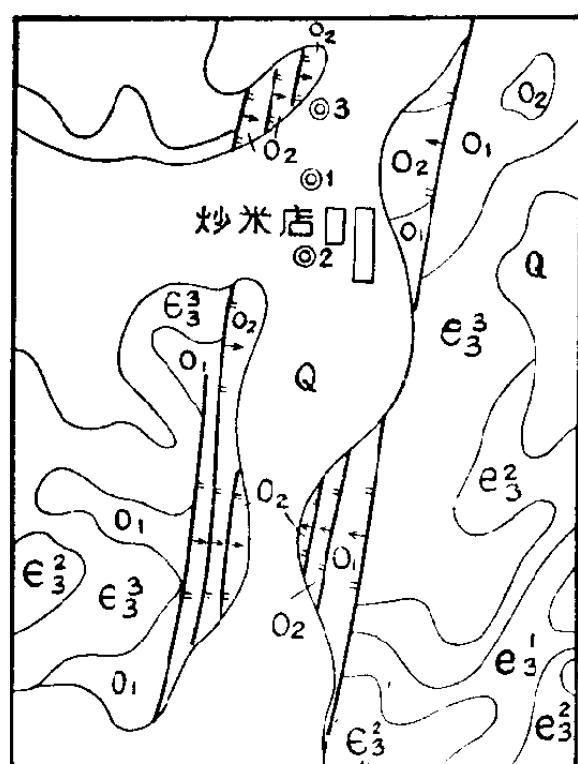


图67 炒米店地堑及钻孔位置图
Q 第四系; O₂ 中奥陶统; O₁ 下奥陶统;
E₃³ 上寒武统凤山阶; E₃² 上寒武统长山
阶; E₃¹ 上寒武统崮山阶。
1、2、3、钻孔及编号。

还往往形成谷地,有利地下水的补给和汇集,地下水是比较丰富的。若能结合断层破碎带,条件更优。如山东炒米店地堑,分布奥陶系石灰岩,加之地形较低洼,1972年连打三孔,水位埋深48米,出水量都在50吨/时以上,从而结束了炒米店一带缺水的历史(图67)。另外,地堑内的富水情况,在相同补给条件下,还与地堑内分布的岩石性质和次级断裂的发育情况有很大关系,一般可溶岩较非可溶岩含水层富水,次级断裂发育的比没有次级断

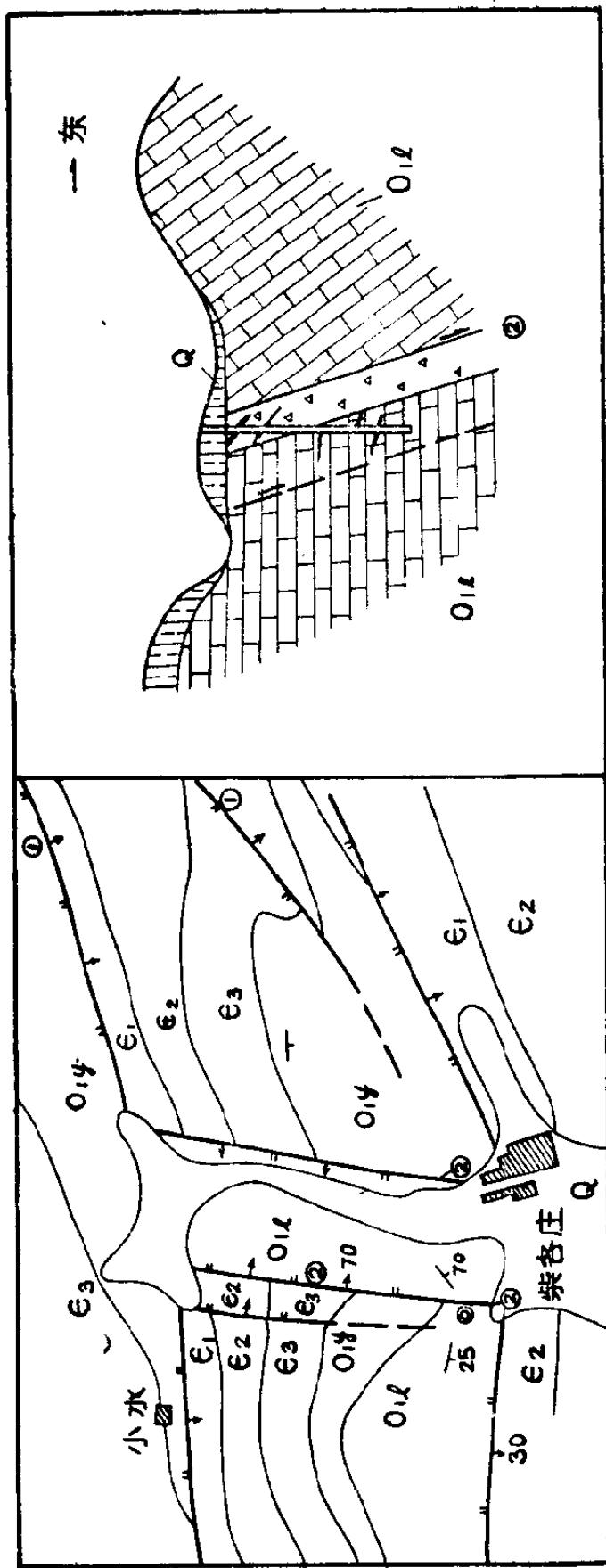


图68 河北完县柴各庄钻孔平面剖面图
Q 第四系松散层；O₁y 奥陶系下统亮甲山灰岩；O₁f 奥陶系下统灰岩夹页岩；
E₁、E₂、E₃ 寒武系中统灰岩、页岩；①压性断层；②张性断层。

裂存在的富水。因此，在地堑中打井，此点应予考虑。

断块中的岩石一般是经过多个方向构造应力作用，岩石较为破碎，与较多的岩层接触，除具有一般各自力学性质的含水特征外，还由于断层交接沟通地下水的特点，若有一定的补给条件，是可以成为富水带的。如河北完县柴各庄，在构造断块的边缘有利地下水汇集的西南侧打井，深105米，水位埋深23米，出水量70吨/时以上（图68）。

（14）岩脉阻截含水层，接触地带利打井

坚硬性脆或可溶岩层，在构造作用下产生断层和裂隙，成为良好的透水层。这类岩石中如果有辉绿岩脉、细晶花岗岩脉、闪长岩脉侵入穿切上述透水岩层时，由于岩脉致密坚硬相对不透水和具有一定方向展布等特点，起到阻止地下水水流的作用，在岩脉和透水岩层的接触带，特别是地下水补给一侧的接触带，地下水富集。岩脉大多是高角度，近直立产出，当垂直或斜交地下水流向时，则起到天然暗坝作用，被阻的地下水流水位自然上升，高出一般地下水位，或者溢出地表成泉（图69）。在其他条件相同的情况下，岩脉倾斜方向与岩层倾斜方

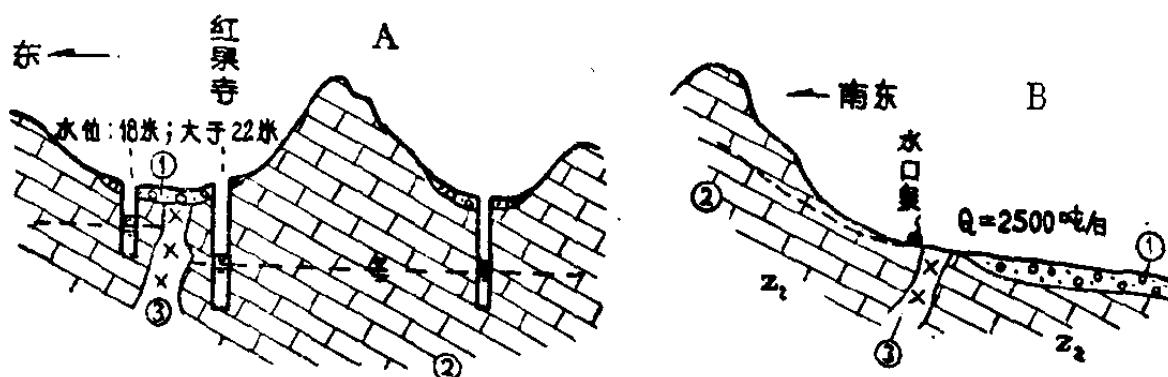


图69 岩脉阻水状况地质剖面示意图

A. 岩脉两侧水位不一致。B. 岩脉阻水自溢成泉。
①砂砾石；②灰岩；③岩脉；Z₁、Z₂震旦系中统。

向相反；岩脉延伸方向稳定并与主要沟谷直交时对阻止地下水水流最为有利；平行地下水流向或顺沟谷展布的岩脉，阻水条

件较差。在大面积分布透水岩层、区域水位埋藏较深的缺水地区，岩脉阻水具有重要意义。当找到阻水有利的岩脉时，可在地下水补给来源一侧打井。

丰润县潘家峪一带出露震旦系高于庄组含燧石结核白云岩及含锰页岩。村西有一近南北向宽30米的煌斑岩脉直立产出，横截沟谷。原在岩脉西侧打一井，因岩脉阻截了地下水流，孔深94米，水量很小。后将井位移至岩脉东侧10米处，利用岩脉垂直于沟谷和受水面积大的有利条件，孔深至54米时出现自流水。终孔深77米，降深6米时水量达45吨/时(图70)。河

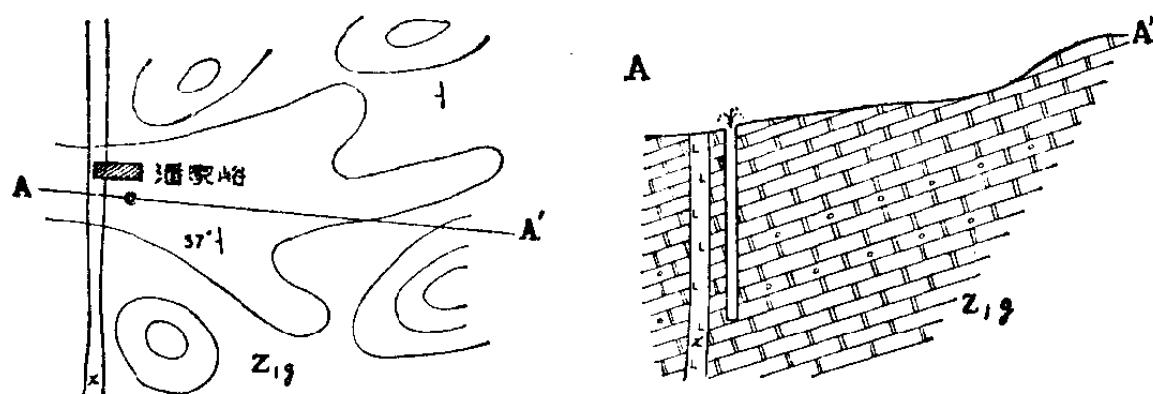


图70 丰润县潘家峪机井平面剖面示意图

X 煌斑岩脉；Z_{ig} 震旦系高于庄组含燧石结核白云岩。

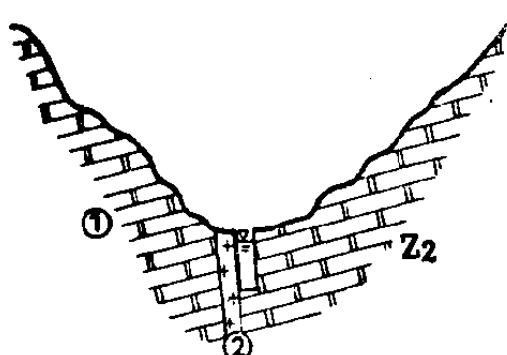


图71 溴水坑村南井剖面图

① 白云岩；② 岩脉；
Z₂ 震旦系中统。

北易县溴水坑村南(图71)，在震旦系白云岩中见细晶花岗岩脉，顺补给来源一侧接触带开挖一井，由于补给和阻水条件较好，地下水能自溢，井深5米，每小时出水量3—4吨。图72为完县王家庄东沟，在沟口见一岩脉横截沟谷，同时在上游一侧还远处还有一小断层破碎带，顺断层破碎带打井，深13米，水位埋深10.5米，水量每小时

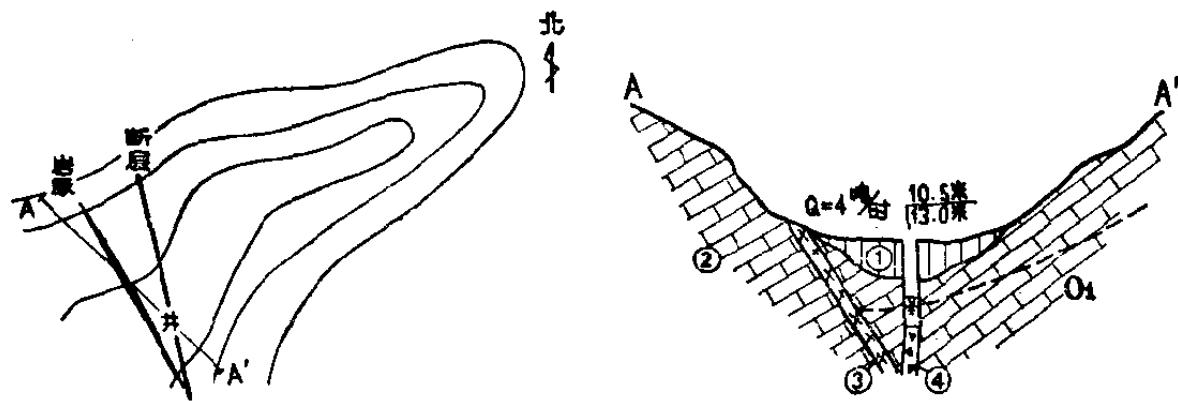


图72 王家庄东沟井平面剖面示意图

①黄土；②石灰岩；③岩脉；④断层；O₁ 奥陶系下统。

达4吨。

对于大面积分布透水岩层，区域水位埋藏较深的山区，打井时不要将岩脉打穿，否则破坏了岩脉的阻水性，造成漏水或水位迅速下降的现象。当在山前或山间低洼地带，岩脉两侧水位相近，岩脉宽度不大时，则可以考虑打穿岩脉，以获取岩脉两侧的地下水。

对于规模大的侵入岩体，常可起到良好的阻水作用，接触地带也可富集大量地下水。山东济南市的趵突泉、黑虎泉、珍珠泉等都是由于闪长岩侵入体阻截了奥陶系石灰岩中的地下水而溢出的。根据这一特征，在不少地方找到了丰富的地下

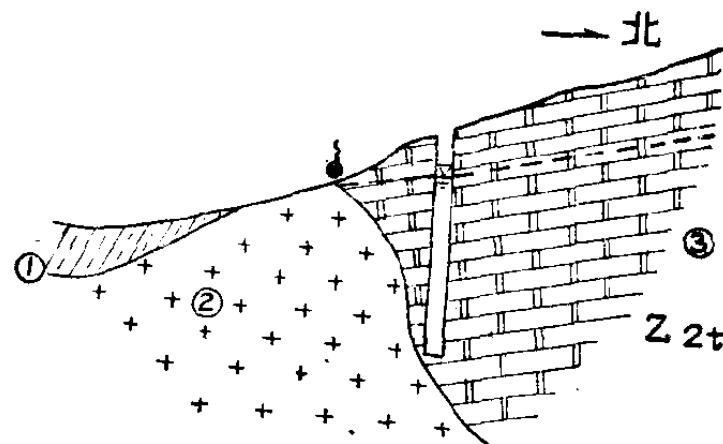


图73 河北易县筐山大口井示意剖面图

①第四系松散堆积物；②侵入岩体；③白云岩。Z_{2t} 震旦系中统铁岭组。

水，如图73。

宽度较大的岩脉或侵入体，上部受风化作用影响有风化裂隙产生，其中也含有部分风化裂隙水。不过水量是很少的，但对高山缺水地区确有重要意义。如山东肥城县王瓜店公社米山岭大队，在山峪里石英闪长斑岩侵入体上打一井，由于补给条件较好，日出水量200担（如图74）。

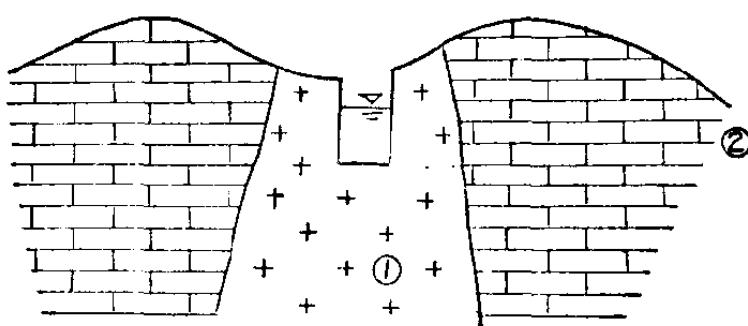


图74 山东肥城米山岭井示意剖面图

①石英闪长斑岩侵入体；②石灰岩。

三、火成岩地区找水方法

火成岩的种类很多，根据它们产出的情况可分为侵入岩与喷出岩（又叫火山岩）。按它们的硅氧含量，又可分为酸性岩、中性岩、基性岩和超基性岩数类。

酸性岩类： SiO_2 （二氧化硅）含量为65—75%，主要由石英、长石及云母等矿物组成，亦含极少量的角闪石及辉石，以侵入的花岗岩和喷出的流纹岩、英安岩等为代表。相对其他火成岩类比重较轻，颜色浅，常为灰白或浅肉红色。

中性岩类： SiO_2 含量为52—65%，主要由中性斜长石、角闪石及辉石、黑云母等矿物组成，也含很少的石英、正长石等其他矿物，以侵入的闪长岩和喷出的安山岩为代表。比重较酸性岩类稍大，颜色较深，常为浅灰绿、浅灰紫色。

基性岩类： SiO_2 含量为40—52%，主要由基性斜长石、辉

石及橄榄石、角闪石、黑云母等矿物组成，以侵入的辉绿岩和喷出的玄武岩为代表。比重大，颜色深，常为灰、灰绿以致黑色。

超基性岩类： SiO_2 含量小于40%，主要由橄榄石、辉石及角闪石、黑云母等矿物组成，以侵入的橄榄岩、辉岩及角闪岩为代表，喷出岩罕见。本类岩石比重更大，常为灰绿及橄榄绿色。

火成岩按其产出的形态特征和它与围岩的关系有不同的产状。侵入岩有岩基、岩盘、岩株、岩床、岩墙、岩脉等形式，喷出岩有岩被、岩流、火山锥、火山穹等形式。如中性和酸性的岩浆，它们的粘度较大，不易流动，常在地下深处冷凝形成较大的岩体，这种岩体可大到面积达数百或数千平方公里，形态不规则，常称岩基。以岩基产出的侵入岩，常见的是花岗岩。基性的玄武岩，常成分布很广的岩被产出。其他各类火成岩，则多见为规模较小的岩墙、岩脉及岩流、火山锥等。

由于侵入岩和喷出岩在结构构造特点及含水特征方面的差异，为了叙述方便，我们把火成岩地区找水，分为侵入岩地区找水和火山岩地区找水两部分。侵入岩中分布较广、面积较大的主要是花岗岩，而其他侵入岩则分布范围狭小，出露零星，常不能构成独立的地下水系统，故又以花岗岩地区为例来叙述侵入岩地区找水方法。

(一) 花岗岩地区找水

花岗岩是酸性深成侵入岩的代表。其特征为细至粗粒的等粒状结构，色浅，常为浅灰或浅绿及肉红或灰白色。根据岩石中矿物成分的不同，花岗岩又可分为不同的种类。含黑云母多的叫黑云母花岗岩；含黑云母和白云母多的叫二云母花岗岩等。根据花岗岩中的晶粒大小又可分为：粗粒花岗岩(晶粒

直径大于5毫米);中粒花岗岩(2—5毫米);细粒花岗岩(小于2毫米)。含有长石或石英斑晶的叫斑状花岗岩等。各种花岗岩均不成层,具块状构造,所组成的山多为圆顶状,岩石风化后成粗砂状,有利雨水及地表水对地下水的渗入补给,但在地下深部,常因花岗岩的结构致密而含水很少或不含水。

花岗岩地区从总的来说,与沉积岩区的强含水层相比,富水性是比较差的。花岗岩地区的地下水主要富集在风化壳内;岩脉与花岗岩接触带;构造断层带;不同时期花岗岩侵入体的接触带内等。目前常以前两种为开采利用的对象,后者由于不易辨认和风化层覆盖,利用较少。实际上在构造断裂带内往往贮存着丰富的地下水。

1. 寻找风化壳内的富水带

风化壳内所富集的地下水类型,属孔隙裂隙潜水。这种地下水在花岗岩地区广泛分布,埋藏较浅,但一般富水较差,水量不大。如山东青岛市很多厂矿的用水井,均取用于崂山花岗岩的风化壳中孔隙裂隙水,其水量一般都在2—10吨/时左右。但有的地区,在地貌与构造条件都很理想的情况下,也有水量丰富的,如江苏省东海县桃林—芝麻港一带为花岗闪长岩地区,由于组成岩石的矿物结晶颗粒粗大,在地质构造上处于断层包围的断块中间地带,北东向的张性裂隙发育,地形上又为一低洼汇水盆地。所以风化壳孔隙裂隙水十分丰富,经江苏水文地质队在该区的数百眼井调查,井深15—35米,出水量每昼夜可达1000—1500吨。

一般情况下,花岗岩风化壳中含水的多少,主要取决于岩石的性质、风化程度、风化壳的厚度、地下水补给来源的大小、地表汇水条件等因素。岩石粗粒结晶,风化裂隙发育,风化壳厚度大,补给来源充足,汇水面积大的地方含水较多。所以在风化壳中找水可归纳为:

(1) 风化程度有强弱,半风化带中贮水多

风化壳按风化裂隙的发育强度和风化作用对原岩结构构造的改造程度,自上而下一般可划分出全风化、半风化和弱风化三个带。在大多数情况下,全风化和半风化带都是主要富水段,但在一些化学风化强烈的地区,如我国南方,全风化带内裂隙虽然多,但多被次生的粘土质充填,甚至岩石本身也直接风化成土,故富水性相对较差,只有裂隙发育、充填物少的半风化带中富水。这种情况,已被福建水文地质队在花岗岩区的找水实践所证实。他们在全风化带中进行了数以千计的民井调查,单井出水量都很小,一般每昼夜只有1—2吨,大者也不超过5吨。另外,他们还在漳州地区进行了分层抽水试验,如CK₆孔,花岗岩全风化带厚25米,富水性差,出水量只有0.44吨/时;半风化带厚20米(25—45米),节理裂隙发育,基本无充填物,富水性较好,出水量为1.62吨/时;弱风化带和新鲜基岩深137米(45—182米),风化裂隙及原生裂隙均不发育,且多呈隐闭状态,富水性差,出水量只有0.58吨/时,这进一步证实了该区地下水主要富集在花岗岩的半风化带中。所以,寻找半风化裂隙带、圈定其分布范围、确定它的空间位置就成了寻找花岗岩区风化壳中孔隙裂隙水的一个重要途径。

(2) 地形地貌条件好,风化壳厚水不少

在寻找花岗岩风化壳的地下水时,地形地貌条件非常重要。因为它不仅决定风化壳中地下水的汇水范围大小,而且也在一定程度上控制着风化壳的厚薄变化。风化壳的厚度大小又决定着贮水的多少。一般在地形低洼、利于汇水的地方,构造裂隙及成岩裂隙较发育的地方和风化壳厚度较大的地方,地下水比较丰富,适宜挖井。所以在花岗岩地区,群山抱洼地的洼地中心,平缓沟谷的谷底及沟口,沟谷交汇的部位等,均适宜开挖地下水。特别是在一些有地表水流的沟谷,风化孔隙

裂隙潜水常与地表水相联系，补给来源充沛，水量更加丰富。如河北省易县的杨家沟和路家沟一带花岗岩地区的1—5号井(图75)，其中1—3号井位于沟的下游出口和两沟交汇处，井深6—7米，均够解放式水车抽水，特别是处于沟口的1号井，上游汇水面积大，沟谷相对较长，水量比2、3号井更丰富些；而4、5号井位于沟头部位，井深2米左右，则水量甚微。

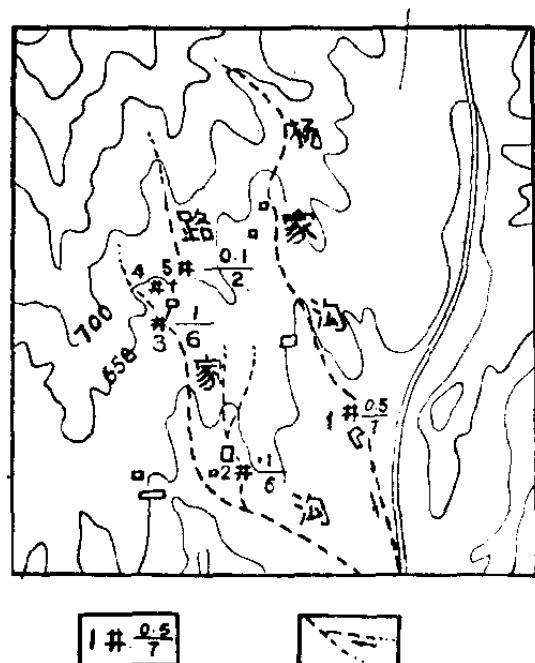


图75 河北易县杨家沟一带
水井分布平面图

1.左边为井编号，右边分子为水位埋深，分母为井深(米)；2.沟谷地表水流线。

用，岩脉裂隙发育，岩石破碎，它本身也可能有地下水富集。在福建平潭的一钻孔，位于辉绿岩脉与构造断裂斜交的部位上，深78.3米，水位下降6.9米，出水量达58吨/日。

一般岩脉位于横切地下水流向或横切沟谷的低洼地带，而且岩石坚硬、性脆，脉体稳定、延伸较远，又处于与构造断裂带的相交部位，最有利于地下水富集。在这些有利地下水汇集的地方选择井位，常能取得比较丰富的地下水源。

在花岗岩地区打井，一般以大口径浅井开采为宜，其深度以打到新鲜基岩为止。

2. 寻找岩脉及岩脉群中的富水带

就岩脉本身而言，岩石致密坚硬，大量资料证明，不含水。如福建省福清县某坝址，建筑在正长岩的岩脉上，在岩脉上打了十几个钻孔，经过压水试验，单位吸水量小于0.001升/秒·米；漳州的一钻孔打在石英正长斑岩的岩脉上，基本无水。

如果受到后期的构造作用

这些地方地下水富集的原因是：①某些脆性岩脉在冷凝成岩过程中，于岩脉本身形成密集的裂隙；②岩脉侵入过程中对附近围岩产生挤压作用，因而在接触带中形成一个宽度不大的裂隙带（一般不超过1—3米）；③由于围岩和岩脉力学性质的差异，在地质构造作用下，常沿岩脉与围岩接触面产生相对滑动，从而导致岩脉和围岩的挤压裂隙进一步得到改造或加强，或者产生新的裂隙。由上述可知：当岩脉本身未被后期构造变动破坏，其裂隙不发育，则起阻水作用，从上游汇集来的地下水流被它阻截而富水；当岩脉本身性脆，后期破坏强烈，裂隙发育，则岩脉本身富水。所以，不同的岩脉其富水部位是不一样的：阻水岩脉，两侧或一侧富水；性脆、裂隙发育的岩脉本身富水；岩脉成群且有大致同一方向摆开的各岩脉间的破碎岩石富水（即所谓“岩脉集水廊道”）。上述三种富水情况，前两种是主要的，因“岩脉集水廊道”不易确定，同时各岩脉间地表距离并不是与地下一致，有时地面相距较远（50—60米），而钻孔在其间没打多深，就可能遇到隐伏的岩脉，或者深部结合一体，反而没水。在找水布井中值得注意。但如果这种岩脉群受到构造变动时，则富水情况就大有改变。如福建漳州北郊有一组平行的石英正长斑岩岩脉分布，岩脉宽一般10—30米，有的小于1米，呈北 20° — 30° 东展布，并被若干条北西向断裂错断，局部有轻微硅化现象，裂隙发育，充填物较少，富含裂隙水，单孔实际出水量100—200吨/日。

由于岩脉本身岩性不一样，在同样的地质构造作用下，所受破坏程度和抗风化能力也不一样，所以，其富水性也是各不相同的。一般石英正长岩脉或石英岩脉、伟晶岩脉（具巨晶结构的脉岩），在构造作用下，节理裂隙非常发育，抗风化力强，裂隙充填物极少，所以，其本身富水性及导水性和脉壁富水性，都优于易风化成细小颗粒的辉绿岩脉本身及脉壁的富水

性。例如：福州某医院钻孔打在石英正长斑岩的岩脉及脉壁上，日出水量400余吨。惠安某厂钻孔也打在这种岩脉及脉壁上，日出水量达2000吨。沿海某岛上一个裂隙泉出露于石英脉附近，泉西北为一宽200米的舌形洼地，有近代海积层覆盖，它的东南为一丘陵，泉附近地表为第四纪粘土，泉水终年不干。后来扩泉建井，下部为黑云母花岗岩，并有北 30° — 40° 西细粒花岗岩脉及石英岩脉穿插，地下水沿北西向张开裂隙带溢出。裂隙宽一般1—3厘米，数条涌水主裂隙宽3—4厘米，无充填物，挖至9米时涌水量达2000吨/日，几年不变。而白兜、西洋两地，出露煌斑（或辉绿）岩脉，分别侵入片麻状花岗岩及中粒花岗岩中，前者与构造断裂相交，孔深96.7米，抽水降深8.80米，日出水量136.3吨，后者不与构造断裂相交，只打岩脉与脉壁，孔深78.30米，抽水降深16.5米，日出水量只10吨左右。这些资料说明：即地质条件、地貌条件和与断裂构造条件相似的情况下，还要注意岩脉的岩性。

总的说来，岩脉的富水性是比较复杂的。一般是性脆的岩脉比性柔的岩脉富水；酸性岩脉到基性岩脉，富水性由强渐弱；经过构造变动破坏的岩脉比未经构造变动的富水性要好；岩脉处地势低洼要比高处利于汇水；阻水岩脉的迎水侧较另一侧富水。

3. 寻找断层破碎富水带

花岗岩地区断层的识别方法，也同前面介绍的识别断层方法基本一致。只是断层两侧岩性差异不如沉积岩那样好认，这要通过实践进一步摸索总结其规律。断层带的富水性也与沉积层内大同小异，就是说也与断层带本身的宽窄、延伸远近、断层性质、断层部位等的不同，它的富水性则有较大差别。

例如：福建某地，在花岗岩丘陵区，有一北西向正断层切断了北北东向的石英正长斑岩岩脉，沿此断层破碎带布两个

钻孔,一个在断层下盘(位于条形洼地中部),孔深105米,仅揭露下盘影响破碎岩带(26—85米),日出水量30.2吨;另一孔在断层上盘,孔深89米,钻孔揭露了松散的断层破碎带和下盘的影响破碎岩带(29—65米),日出水量达194吨,为断层下盘的CK₁号孔日出水量的六倍(图76A)。

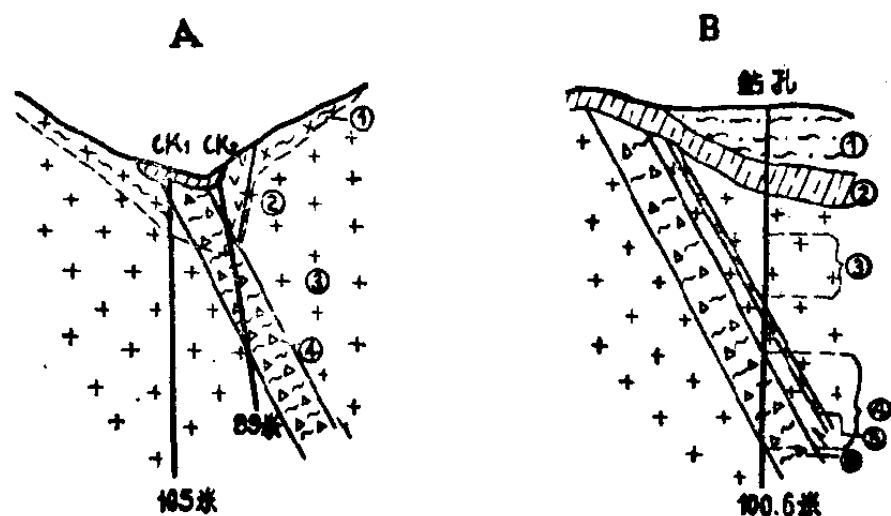


图76 福建某地花岗岩区断层带富水段分布地质剖面示意图

- A. ①风化层; ②岩脉; ③花岗岩; ④断层带。
- B. ①砂质淤泥; ②砂质粘土; ③富水段; ④弱含水段;
⑤辉绿岩脉; ⑥断层带。

又如晋江、三都某地,在花岗岩分布区的逆断层带上打孔证明,在断层带的中心部位富水性不及在其边部的影响岩带。因中心受挤压力强,有断层泥及糜棱岩,裂隙闭合,导水性差,而影响岩带张开性羽状裂隙较发育,富水性好(图76B)。

4. 不同侵入期的花岗岩接触富水带

不同侵入期的花岗岩,其结构构造、岩性上都会有所差异,同时早期形成的花岗岩体,在后期侵入岩浆的挤压与烘烤等作用下,也会产生新的裂隙,这样,在后期构造变动中,接触带因岩性差异而沿接触面相对运动,而产生断裂,因此岩石相对破碎,在其他条件有利时可形成富水带。由于这方面尚缺乏实践资料证实,此不多述。

(二) 火山岩地区找水

火山岩是由岩浆喷出地表冷凝而成的岩石。分熔岩和碎屑岩两大类。熔岩类常见的有流纹岩、安山岩、英安岩、玄武岩；碎屑岩类常见的有凝灰岩、凝灰角砾岩等。

流纹岩和英安岩：属酸性火山岩，主要由石英、长石等矿物组成，一般为灰色、灰红色、红色，我国闽浙沿海一带分布的流纹岩颜色较暗，常为灰黑色、绿色、紫色等；具斑状结构和流纹构造，斑晶为石英及碱性长石，其基质部分常常是隐晶质及玻璃质；有时也可见不规则的气孔状构造。

安山岩：为中性火山岩，主要由中性斜长石、辉石、角闪石等矿物组成，以不含或少含石英与酸性岩区别，颜色有灰色、浅玫瑰色、浅黄、红褐色等；多为斑状结构，无斑隐晶结构少见，斑晶常为斜长石，具块状或多孔状、杏仁状构造，但气孔与杏仁不如基性岩中发育。

玄武岩：为基性火山岩，分布广，一般是黑色细粒的岩石，柱状节理发育，常具气孔状、熔渣状及杏仁状构造，主要矿物成分为基性斜长石、辉石及橄榄石等。

凝灰岩和凝灰角砾岩：为火山碎屑、火山灰等物质组成，从酸性到基性的都有。

火山岩具有一定成层的特点，在剖面上占有一定层位。“层”是火山岩类岩石中最基本的单元，它代表火山岩的一次喷发。由于每一次火山喷发强烈程度和喷发持续时间不同，所以形成的层厚不一。熔岩层厚度由几厘米到几十米，一般很少超过百米，其中基性熔岩较薄而稳定，酸性熔岩较厚而不稳定，中性熔岩介于前两者之间。火山碎屑岩厚度大多数为几十厘米到几十米以上。由于大部分岩性相近的火山岩，一般不是一次喷发，而同一次喷发的层，又可以出现不同岩性的

多层，这与沉积岩的成层特征相类似。所以在火山岩地区找水工作中，也可利用沉积岩找水的不同岩层组合法或构造找水的方法。但是，火山岩区水文地质条件较沉积岩区又有它自己的独特性，它的埋藏条件及富水条件都很复杂，含水很不均匀。近年来，黑龙江、安徽、浙江、吉林等地，在火山岩地区找水工作中积累了不少经验，初步归纳如下：

(1) 不同岩性要分清，寻找区域含水层

不同岩层，由于岩性和本身的结构构造特征差异，其含水性也不同。气孔状玄武岩、柱状节理发育的玄武岩、结晶粗大而含钙质成分的晶屑凝灰岩，由于岩层空洞或裂隙发育，利于含水，常为很好的含水岩层；安山岩、安山玄武岩、致密玄武岩、流纹岩等硬脆岩石，由于岩性硬脆，成岩裂隙及构造裂隙相对发育，较利富水；厚层凝灰岩、凝灰质角砾岩等相对柔软岩层，因性柔裂隙不太发育，常不利含水，甚至可形成相对隔水层。如河北张家口地区北部和内蒙古自治区南部的玄武岩中，近年来发现有大型孔洞水存在。该处玄武岩中，气孔构造十分发育，据坝上某矿的17个勘探孔资料统计，气孔状玄武岩达40%，含气孔致密玄武岩占21%，而在建井开矿的两个斜硐井巷中，于厚115米的玄武岩中，在埋深24—24.5、32—32.3、65、92—95、105—110米处，分别见到五层直径0.05—1.20米的大型孔洞，两井涌水量每小时1000余吨。气孔状和柱状节理发育的玄武岩中富水，广东水文地质队在雷州半岛勘探与开发地下水也得到了证实，其主要目的层就是玄武岩。安徽省砖桥地区的火山岩，由于晶屑粒度大（直径0.5—2毫米）和碳酸盐成分的存在，有利于地下水对其溶蚀，致使岩石疏松，溶隙孔洞发育，利于地下水贮存，所以本区地下水主要富集于粗粒晶屑凝灰岩中，并具有承压性。安徽327地质队在此区其他岩层勘探则无水或水量很小，当揭露粗粒晶屑凝灰岩

时，钻孔涌水或涌水量增大，并随钻孔揭露粗粒晶屑凝灰岩的厚度增大，涌水量增加。如ZK₁孔，在安山岩中钻进时无水，当在33.73米穿过安山岩进入含砾粗粒晶屑凝灰岩时，地下水涌出地表，随着含水层揭露厚度的增加，钻孔自流量由0.12升/秒，增至6.984升/秒，到终孔时为8.531升/秒，水头高出地表3.22米，经抽水试验，钻孔最大可能涌水量可达6000吨/昼夜，可见该区的含砾粗粒晶屑凝灰岩含水是相当丰富的。

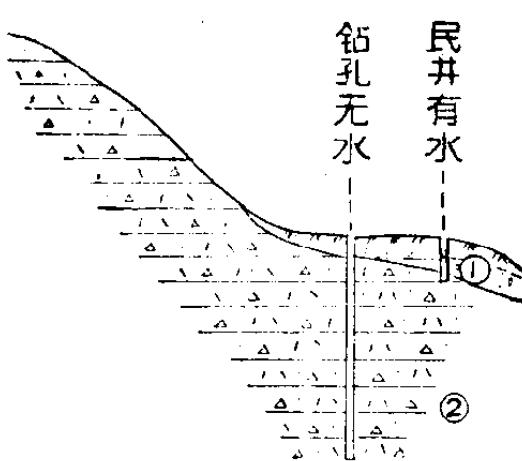


图77 突泉县刘家屯南山钻孔示意剖面图

①第四系松散堆积；②厚层质软凝灰角砾岩。

突泉县刘家屯南山钻孔(图77)，岩层为厚层凝灰角砾岩，无水。而仅在附近的民井中，有水量不多的风化层潜水。

所以在火山岩区找水，首先可按岩性、岩层本身结构特点去寻找相对含水岩层，然后再根据岩层的孔洞及裂隙发育规律去寻找富水部位。

就玄武岩而言，其富水规律是：陆相优于海相喷发的火山岩，火山口附近较优于远离火山口地区，每次喷发的熔岩层表部和底部优于中间部分，暴露于地表的玄武岩优于埋藏在地下的玄武岩。因为海相喷发的玄武岩一般比较致密，陆相喷

安山岩、安山玄武岩等刚性岩层的含水状况，目前实际资料较少，尚无证实。厚层凝灰岩等柔性火山岩含水性，在一些火山岩分布地区找水中已有不少实际资料，如黑龙江水文地质队在勘探火山岩区地下水中，证实大厚度凝灰岩、凝灰角砾岩、晶屑岩、晶屑凝灰岩等柔性岩层均为相对隔水岩层，打在这些岩层中的钻孔，如突泉

发的玄武岩气孔及柱状节理发育；火山口附近常形成颗粒粗大的火山碎屑和熔渣状、蜂窝状、气孔十分发育的玄武岩；每次喷发熔岩层的表部和底部，常因岩浆中的挥发成分的逃逸，气孔集中分布在此部位（见表3）；暴露地表的岩层，风化裂隙发育，所以常为富水部位。需指出的是，上述只是从岩性和岩层本身的构造特征去考虑的，具体找水时，必须还要综合考虑当地的地形地貌和地质构造条件。

表3 汉诺坝玄武岩气孔发育特征

部 位	颜 色	气孔形状	气孔大小	气孔含量	气孔带 厚 度	气孔中 充填物	岩石比重
熔岩顶部	红色—紫红色	椭圆、不规则状	长径小	最 多	大	无	小
熔岩底部	红褐色—灰绿色	扁椭圆形 扁长圆形	长径大 (约大2倍以上)	次 多 (约小1倍)	小 (约 $\frac{1}{6}$ 厚)	次 多	较 大
熔岩中间	灰黑色	圆 形	直径最大	少—无		最 多	最 大

（2）寻找风化裂隙水，着重地形和岩性

火山岩区的风化裂隙水，主要赋存在汇水条件较好的低洼沟谷地区，同时与岩性也有密切关系。在凝灰岩、凝灰角砾岩等柔性火山岩分布区，由于岩性柔软，成岩裂隙不甚发育，在地质构造作用下，岩石易产生塑性变形。所以，只在表层一定深度内发育风化裂隙，而深部裂隙不发育，下渗的水流被阻，在地形地貌条件有利的低洼沟谷地方形成风化型蓄水构造富集地下水。这种地下水分布广泛，埋藏浅，常有泉出露，或地表经常显潮耐旱等标志，打井可以获得一定的水量，水量大小决定于汇水面积大小和风化层的厚度。一般不会很大，只能作人畜饮用水源。如河北省涞水县潘坡三队饮水井，位

于沟头掌形地两支沟交汇处的流纹质集块岩的风化层中，深5米，水位埋深4米（五月份），每天出水量30担（图78）。

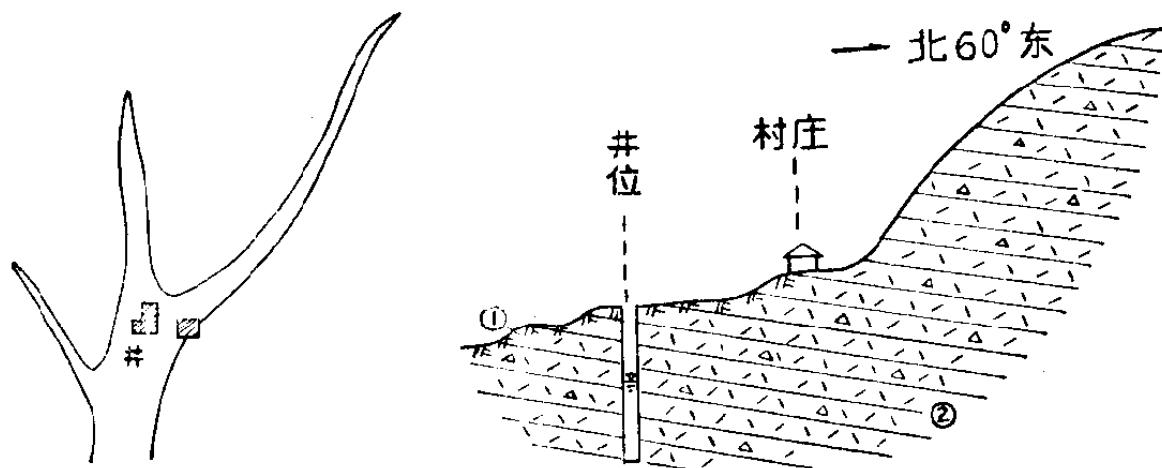


图78 潘坡大队三小队村南井平面剖面图

①第四系耕植土；②侏罗系东岭台组流纹质集块岩。

在安山岩、安山玄武岩、致密玄武岩、流纹岩等刚性火山岩地区，由于岩性刚脆，风化裂隙虽多具张开性，但数量较少，同时风化层厚度不大，所以水量较小。由上看出，风化裂隙水的形成，不仅需要有利的地形地貌条件，而且还要有一定的裂隙密集程度。如河北涞水县潘坡大队东沟大口井，位于沟谷

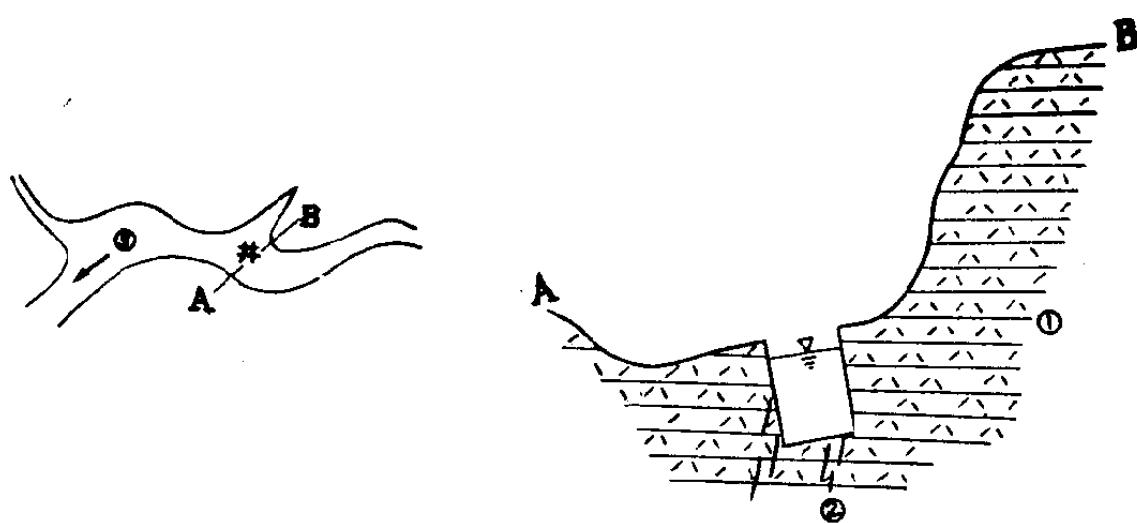


图79 潘坡东沟大口井平面剖面示意图

①侏罗系东岭台组流纹岩；②裂隙发育带；③地表水流向。

之中，深8米，宽2米，长4米，见到脆性流纹岩，裂隙非常发育，日出水量百余吨（图79）。

在柱状节理或气孔发育的玄武岩区，由于风化作用，使表层柱状节理加剧，气孔风化破碎，互相连通，从而常形成含水丰富的裂隙孔洞风化含水层。在地势低洼沟谷或地势平缓地区，若从地表可看出岩石柱状节理及气孔状构造发育，打井可取得丰富的地下水。如河北省张北县许庆坊大队村西的脑包梁大口井和西大井，前者打在节理裂隙不发育的气孔状玄武岩风化层中，深13米，水位埋深6米，后者打在柱状节理较发育的气孔状玄武岩中，井中有一北70°西，宽25厘米的张开裂隙，井深9米，水位埋深4米，虽然二井均打在当地微地貌相对高处（图80），但由于该区地处波状高原，总的地势较低平，所以二井出水量都较大，前者每小时出水75吨左右，后者每小时达170多吨，水位下降仅2.5米。

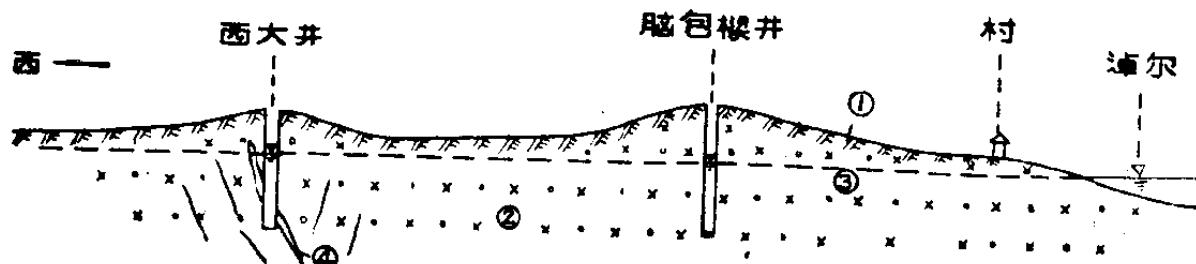


图80 张北县许庆坊村西井剖面示意图

①第四系松散层；②气孔状玄武岩；③地下水位；④张开裂隙。

(3) 软硬岩层相组合，硬脆层中含水多

当凝灰岩、凝灰角砾岩或质较软的安山玢岩与玄武岩、流纹岩和夹杂在火山岩中的砂岩、砂砾岩等硬脆岩层互层时，由于岩层软硬相间，在构造变动作用下，硬岩层因岩性硬脆，受力易产生张性裂隙或使原来的成岩裂隙加剧，而软岩层则发生塑性形变，裂隙不发育或成岩裂隙愈合，因此，常在硬脆岩

层中形成层间裂隙含水层。在硬脆岩层出露地势低洼和有利地下水汇集或补给的地方，打井常可获得较丰富的水量。如图81A，在厚层状质较软的凝灰角砾岩中，所夹薄层坚硬质纯的玄武岩层为主要含水层。在近300米深的钻孔中，硬脆玄武岩两薄层总厚32米，抽水水位下降19.1米（原静止水位埋深6.05米），日出水量达856吨。图81B中，在质较软的安山玢岩中，所夹坚硬性脆的流纹斑岩，为主要裂隙含水层，在近60米深的钻孔中，揭露此层厚约25米，抽水时水位下降15.9米（原静止水位埋深8米），日出水量达825吨。

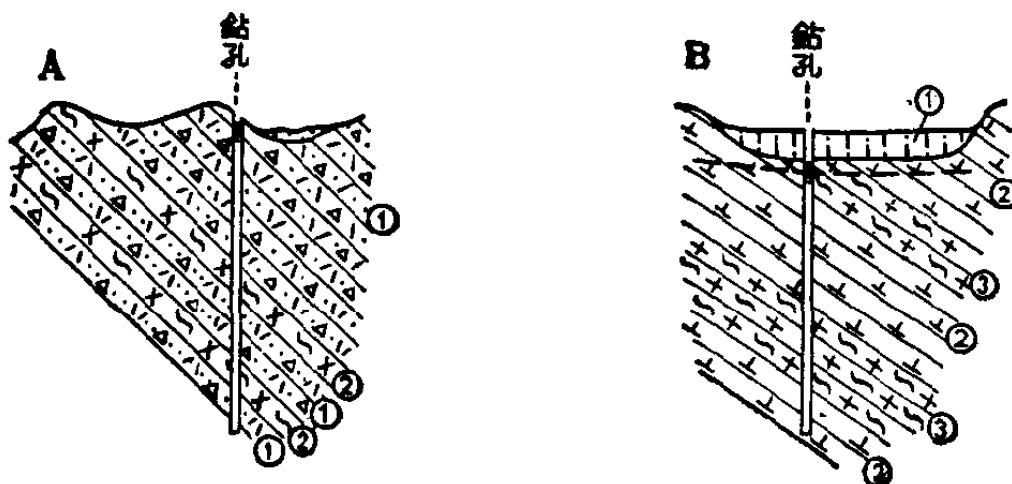


图 81

A.甘南7号孔剖面
①厚层状凝灰角砾岩；
②薄层玄武岩。

B.前旗30号孔剖面
①第四纪松散层
②安山玢岩；
③流纹斑岩。

(4) 岩层产出薄层状，层理裂隙水常藏

呈薄层状产出的凝灰质砂岩、凝灰质砂砾岩、凝灰质角砾岩、玄武岩、流层理发育的流纹岩等，在后期构造作用下，易沿层间或流层理等薄弱部分发生相对运动，产生层面张裂隙，利于含水。层面裂隙常是浅部比深部发育，因此，岩层的含水性一般浅部比深部要好。当岩层产状和地形地貌条件有利于汇

水的情况下，常可形成富水地段，打井可获得一定水量。如黑龙江省突泉县德仁屯11号孔和2号孔（图82）。前者打在薄层状凝灰砂岩中，层面裂隙发育，孔深63米，水位埋深0.28米，日出水160吨左右；后者打在薄层状凝灰角砾岩中，孔深58米，水位埋深2米，日出水54.2吨。

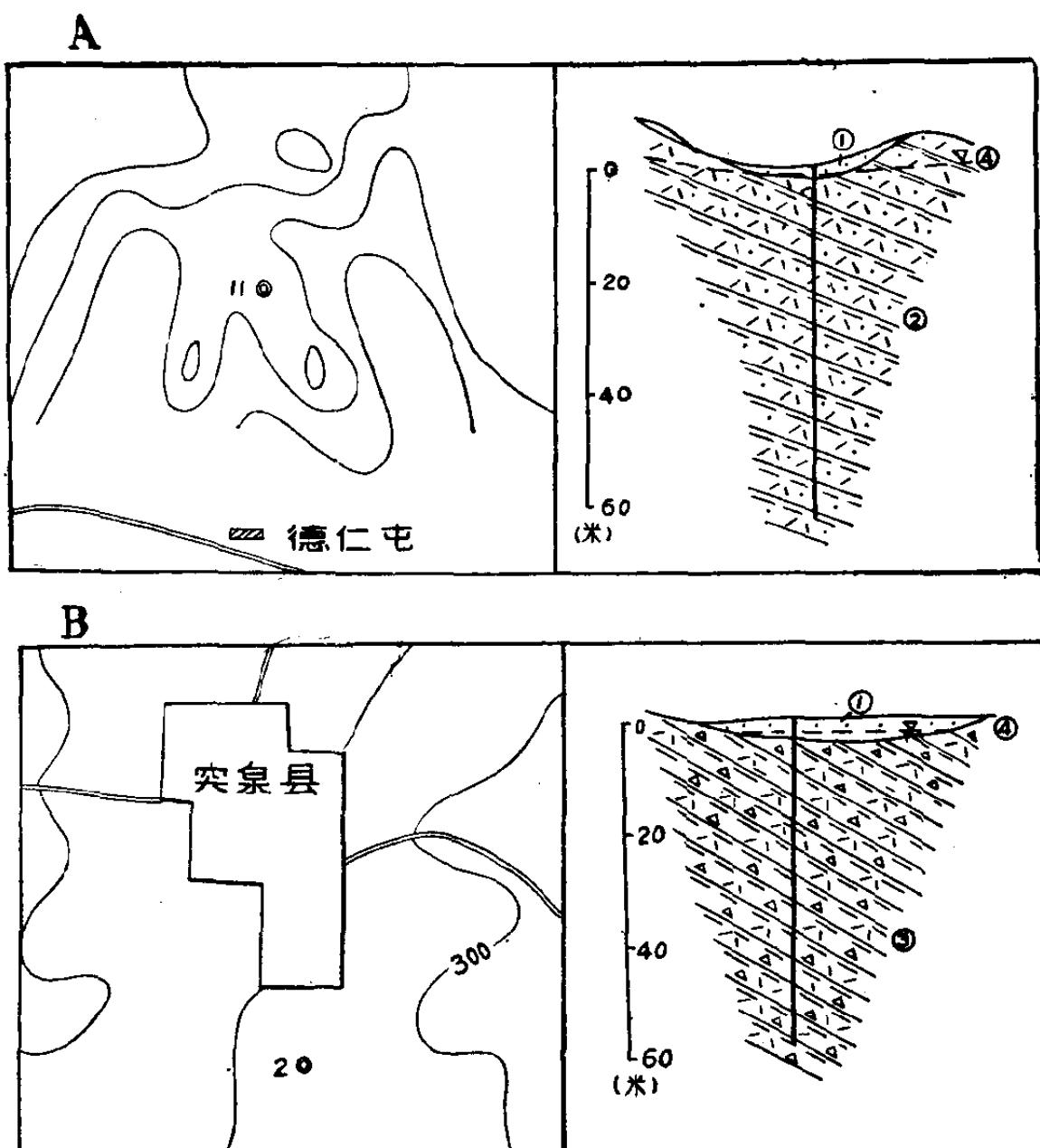


图 82

A.突泉县德仁屯北沟11号孔平面剖面图；

B.突泉县2号孔平面剖面图。

①第四系覆盖层；

②薄层状凝灰砂岩；

③薄层状凝灰角砾岩；

④地下水位。

(5) 背斜谷, 向斜谷, 地势低洼水较富

由于火山岩具有一定的层理特点, 所以在各种构造运动的作用下, 也同沉积岩层一样能够产生各种断裂及背、向斜构造, 它们对火山岩地区的地下水形成和富集起着控制作用。如吉林省某供水水源地的基性火山岩及火山沉积岩, 具有成岩时的裂隙、空隙和柱状节理、气孔等。这些岩层在构造作用下, 沟通了纵横上下的张开裂隙和气孔, 构成含水的场所, 但其富水性不均一。岩石的富水程度取决于构造部位和汇水条件, 常是在褶曲顶部裂隙密集和有利的汇水条件下, 易形成富水地段, 有泉水出露, 且常年不干, 如表 4 中, 分布在背斜构造翼部

表 4 不同构造部位钻孔涌水量比较表

孔号	3	8	12	10	14	15
抽水降深 (米)	30.67	25.98	30.33	36.03	20.00	$S_1 = 25.74$ $S_2 = 17.55$
水 量 (吨/时)	7.5	2.9	5.92	9.41	18.7	$Q_1 = 36.7$ $Q_2 = 45.5$
构造部位	背斜翼部 (近逆断层)	背斜翼部	背斜翼部	近背斜轴	背斜轴	背斜轴 (正断层)
地貌位置	阶 地	丘 坡 脚	陵 下	近溪流	坡脚下	近河流
备 注	混 合 水	单 层	单 层	单 层	单 层	单 层

上的 3、8、12 号孔, 涌水量每小时小于 7.5 吨; 而靠近背斜轴部则水量普遍增大, 最大为翼部钻孔涌水量的六倍。至于向斜构造的富水情况现无实际资料, 从理论上讲, 当核部分布玄武岩等气孔、裂隙发育的含水层, 且埋藏不深, 地形为沟谷或盆地时, 轴部常为富水部位, 并且有时还可打到承压或自流水。

在火山岩分布区也与沉积岩区一样, 寻找岩脉或不同喷发时期的间断接触界面, 都可找到富存一定数量的地下水, 也

应予以注意。

(6) 断层破碎带，常常有水可开采

火山岩分布地区的断层破碎带，也同沉积岩、侵入岩一样，常为富水地带而被重视。断层的富水情况，亦决定于断层的性质、两盘的岩性及岩层组、断层带裂隙的充填及胶结情况、断层的活动性、所处地貌位置等。一般张性断层导水性和富水性均优于扭性断层，而压性断层的导水性和富水性往往很差；断层发生于刚性的岩层中常富水，发生于柔性的岩层中则富水性较差或不含水，或阻水；于断层带中，位处低洼的部位较高处富水。导水或含水的断层，在分水岭地区漏水而不含水，或者水位埋藏较深。由于目前在火山岩分布地区，对不同断层的富水性尚处于初步研究阶段，未能进行通盘详细对比，现只对张性和扭性断层的富水条件予以说明。

一般在靠近张性或扭性断层的地方，或打穿正断层破碎

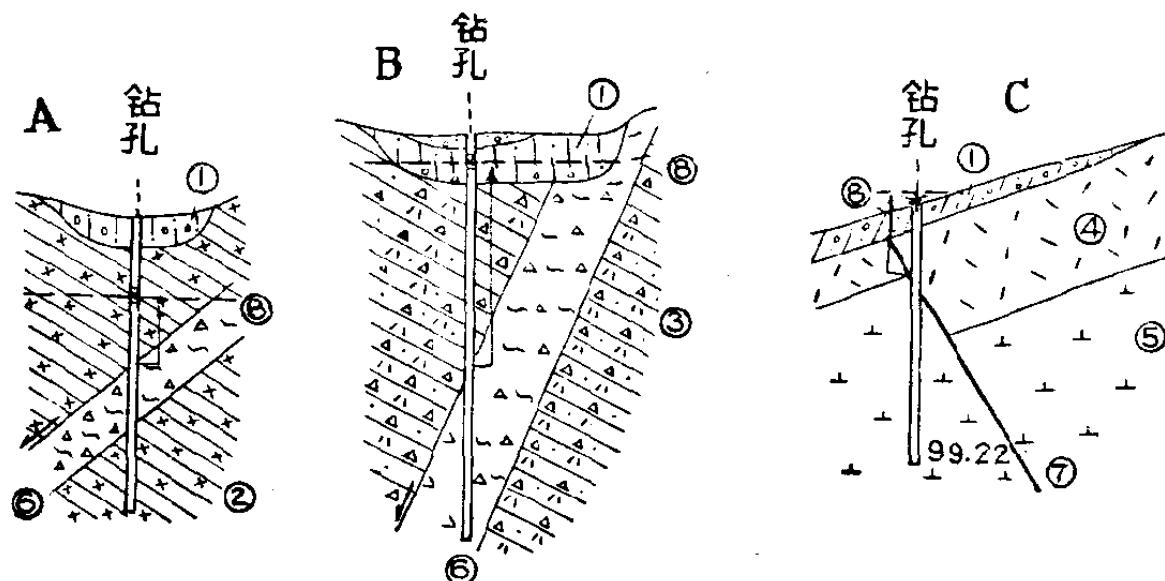


图 83

A. 黑龙江某场26号钻孔剖面图；

B. 黑龙江某场23号钻孔剖面图；

C. 安徽砖桥 CK₂₀₇ 钻孔剖面图。

①第四纪松散层； ④凝灰岩； ⑦扭性断层；

②玄武岩； ⑤安山岩； ⑧承压水位。

③凝灰角砾岩； ⑥正断层；

带和在大小断层的交叉部位，往往能获得较大的水量。图83的A、B两孔均揭穿火山岩中的正断层，孔深均80米，地下水位明显上升，抽水时水位分别下降0.8米（A孔）和3.3米（B孔），日出水量分别为840吨和1853吨。又如安徽砖桥地区的CK207号钻孔（图83C），孔深99.22米，当钻孔揭露黄土岭扭性断层时，地下水涌出地表，最大日出水量可达2000吨。另外，在河北省康保县邓油场公社的二先生地，于气孔状玄武岩的断层破碎带中挖二井，井深仅10米，每日出水量可达6000吨—8000吨。

（7）岩层硬化蚀变带，有时富水可开采

后期岩浆侵入，常可使侵入接触地方的火山岩发生蚀变。蚀变作用是多种多样的。常见的有绿泥石化、绢云母化、高岭石化、明矾石化、叶腊石化、硅化、碳酸盐化等。其中硅化和碳酸盐化，使岩石的强度增加，增加了硬脆性，统称“硬化”蚀变；上述其他蚀变类型，均使岩石强度降低，统称“软化”蚀变。硬化蚀变，常可增加岩石的富水性，特别是碳酸盐化，不但使岩石硬脆易裂，而且还增加其可溶性。如安徽砖桥火山岩地区，含砾粗粒晶屑凝灰岩，胶结物含钙，“硬化”蚀变结果，增加其脆性及可溶性，因此，硬化的含砾粗粒晶屑凝灰岩及次生石英岩中有蜂窝状溶孔，提高了含砾粗粒晶屑凝灰岩的富水性，ZK₁号钻孔“硬化”弱的地段，自流量为1.7—5.0升/秒，“硬化”强的地段，自流量增大到6.9—8.5升/秒。其他勘探孔也有类似的现象。“软化”蚀变若发生在硬脆的含水层中，常可使岩石的裂隙愈合，起阻水作用，在地形、构造条件有利的情况下，也可在蚀变带附近造成相对富水带。

关于蚀变对岩层含水性的影响，这方面的经验积累还刚刚开始，实际的资料不多，只介绍这些。

综上所述，在火山岩地区主要寻找：①火山岩风化裂隙

水，呈面状分布于较脆性火山岩及火山碎屑岩的裂隙中。这种水的寻找必须上地表的汇水条件紧密结合起来(即各沟界汇口的低处)；②火山碎屑岩的层间裂隙水，主要见于薄层状层理裂隙极发育的脆性火山碎屑岩中，一般水量不大，但对解决人、畜饮用水问题还有较大意义；③火山岩原生裂隙水，主要分布于柱状节理和气孔发育的玄武岩、流纹岩及层理发育的层凝灰岩中；④火山岩的层间裂隙水，主要分布在软、硬岩层互层中的硬脆岩层中，及夹杂于火山喷发间歇期沉积的砂岩中；⑤构造裂隙水，主要沿断层破碎带或褶曲轴部裂隙发育带分布；⑥接触蚀变带裂隙、孔隙水，主要分布在侵入岩与喷出岩的接触带，后期侵入岩脉蚀变带。

四、变质岩地区找水方法

变质岩在我国分布面积是很大的。它是由沉积岩、火成岩在地壳内营力引起的变质作用下变质形成的岩石。变质作用可分为热力变质、动力变质和区域变质三种。

热力变质(接触变质)：岩石受到高温影响而发生的变质。如火成岩侵入体边缘接触带的围岩在岩体热能影响下的变质作用等。

动力变质(错动变质)：岩石受强烈应力作用而发生的变质。如强烈褶皱带、断层带中岩石的变质作用等。

区域变质：这是在地下深处，温度、应力、压力不同程度增大和变化的影响下发生的变质作用。同时还受到化学性质活跃的流体的交代作用。

热力变质和动力变质作用影响的范围都不大，生成的变质岩很少。区域变质作用影响的范围很大，生成的变质岩广布。我们下面就主要谈区域变质作用生成的变质岩地区的找水方法。

岩石的变质程度大体分深、中、浅三带。各种岩石经受程度不同的变质所产生的变质岩是不一样的。现按变质程度和原来岩石简略列表如下(表5)：

表5 变 质 岩 分 类 表

原 来 岩 石 变 质 岩 变 质 程 度	砂 岩	页 岩	灰 岩	火 成 岩
浅 带	石 英 岩	板 岩 千 枚 岩 绢云母片岩	大 理 岩 蛇 纹 岩 滑 石 片 岩	千枚片麻岩 绢云母片麻岩 绿泥石片岩
中 带	云母石英岩 石 英 岩	云母片岩 角 页 岩	大 理 岩	云母片岩 角闪片岩
深 带	片麻石英岩	副 片 麻 岩	各 种 大 理 岩	正 片 麻 岩 辉石片麻岩 翡翠 岩
	副 片 麻 岩 类			正 片 麻 岩 类

现介绍几种常见的变质岩：

片麻岩：是深变质岩石的典型代表，分布很广。主要由长石、石英、云母及角闪石等矿物组成；具有片状矿物和粒状矿物相间排列形成条纹状的片麻状构造，且有一定方向性。根据岩石含矿物特征，可分角闪片麻岩、石榴石片麻岩、辉石片麻岩……。

片岩：为中等程度变质的结晶岩石，颗粒一般比片麻岩细，具片理构造及褶劈构造（即在定向压力作用下，岩石中具有小褶曲的构造），主要由片状及柱状矿物：云母、绿泥石、滑石、石墨、角闪石、阳起石等组成，按其主要矿物成分可分为云母片岩、绿泥石片岩、滑石片岩、角闪石片岩。

千枚岩：为浅变质岩石；原岩为泥质、粉砂质及中酸性凝

灰质等岩类；岩石可具有绿、红、灰、黑等各种颜色，外表致密，具薄片理构造，片理面呈现丝绢光泽，以此可与板岩区别；主要矿物组成为：肉眼可辨别的绢云母、石英、绿泥石等。

板岩：亦是浅变质的岩石，但变质程度比千枚岩稍差，矿物成分肉眼难以辨认；原岩亦为泥质、粉砂质及中酸性凝灰质岩类；较原岩致密坚硬，多为深灰、灰黑色，具致密隐晶质结构。板状劈理构造，可沿板状劈理裂成薄石板当作房瓦或板石用，故又有瓦板岩之称。

大理岩：是由石灰岩、白云岩在高温高压下经重结晶作用形成的岩石，主要矿物组成为方解石；一般纯石灰岩或白云岩变质成大理岩，仅在结构上有所变化，即石灰岩或白云岩→细粒大理岩→大理岩→粗粒大理岩；一般常为白色或灰白色，具等粒变晶结构，变等块状构造（即保留的原岩石块状构造）。

石英岩：是由石英砂岩变质的岩石，几乎全由石英组成。一般为白色块状，常呈层状或团块状分布于片岩或片麻岩中。

混合岩：携带钾钠硅酸盐的岩浆侵入到已经过深变质围岩的片理和不规则的裂隙时，围岩发生了混合交替作用，形成特殊类型的片麻状岩石，如眼球状混合岩、肠状混合岩、注入混合岩等。

变质岩分布区的地下水主要特征是：多以浅层的风化裂隙潜水为主，其他如构造裂隙水、层间裂隙水或裂隙岩溶水等则分布较少；潜水面的形状往往与地形差不多，具有山高水高的特点，泰山顶上有水就是一个典型的代表；但是潜水多富集于沟谷低洼地带，一般虽然水量不大，但常年不易干枯，使之在变质岩区出现几乎“沟沟有水”的水文地质现象。

（一）寻找风化壳中的地下水

寻找此类型地下水时，主要利用地貌特征，古老片麻岩分布区普遍有风化壳存在，其中孔隙、裂隙均较发育，有利于大气降水的渗入，地下水流向总是由高而低，集中于有利汇水的低洼处。例如，群山环绕的洼地（包括高山上的洼地）、几条沟谷之交汇处、椅形地的出口、河谷地带、山岭拐弯内侧、沟谷出口残丘的上游、大山坡脚下等处，都有利于变质岩风化壳孔隙、裂隙潜水汇集。凡在这些地方开挖大口径浅井，都可能取得较为丰富的地下水。如山东省宁阳县大槐大队的大口井，挖于花岗片麻岩中，地形有利汇水，井深6米，井径30米，容水量3500吨，可灌溉土地千余亩。相反，在山区、丘陵区的高地，由于风化剥蚀，风化壳较薄，加之渗入地下的大气降水又潜流于低处，所以在开采时，所取得的水量远远小于前面的几种。如图84，即在片麻岩风化壳内取水，两井在高低不同位置日出水量相差很大。在此风化壳中打井时，需打至新鲜基岩为宜。

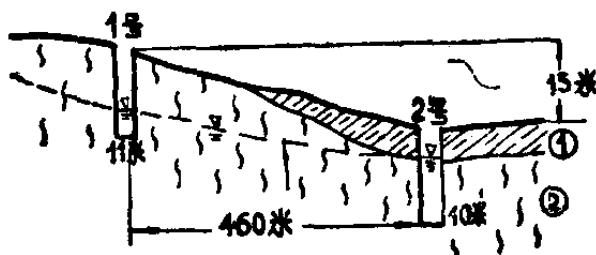


图84 曲阳河北村井地质
示意剖面图

①第四系松散层； ②变质岩风化壳。

变质岩风化壳内的孔隙、裂隙水，其水量大小主要取决于风化壳厚度及地表汇水面积的大小，风化壳厚度大，汇水面积大，则水量也大，反过来就小。

（二）寻找大理岩层中的地下水

大理岩由石灰岩类变质而来，具性脆易溶的特点，所以片麻岩中的大理岩夹层，只要有一定的厚度，沿走向延伸较远，一般都具备含水条件。富水的有利条件是：①厚度大，延伸远，岩溶发育的富水性好；一般大理岩层厚度要求不小于5米，地表出露长度不小于200米；如果厚度较薄，或呈透镜状，则水量

一般较小；②背斜倾没端的大理岩层富水条件优于两翼大理岩层的富水性；③大理岩层与火成岩体接触带或有断层影响时，对富水条件有利；④大理岩层处于地形低洼地带，其上有第四纪松散层覆盖时，由于地表水的渗入溶蚀，蓄水条件好。因此在变质岩区的大理岩中布井时，首先应考虑上述条件。此外，若大理岩层厚度小于5米时，应注意其稳定性，如果两端在短距离内尖灭，则不利打井。在地面坡度较大的情况下（在岭顶或近顶坡），选井时还应注意以下几点：①在岩层走向与地形等高线垂直时，井位应选在地形较低的地方；如果有垂直于岩层走向的岩脉阻水，可把井位选在岩脉上游侧接触带，且不打穿岩脉；②岩层走向与地形等高线一致时，其岩层倾斜方向与地形坡向相反的比一致的好，就是说倾斜方向和地形坡向一致时（有岩脉阻水例外），往往不利地下水汇集。

图85为山东莱西县望城大队打井实例。此井位于平缓的岭岗上，大理岩层倾向与地形坡向一致，

大理岩层下部有一岩脉走向与其平行，倾向相反切

穿了大理岩层，在岩脉上部挖一面积为 30×15 平方米，深8米左右的平塘，水位埋深2.0米，日出水量达1500吨。而在火成岩脉下部的深约5米的沟内，出露的大理岩则无水。又如江苏省北部某地，分布有大理岩、白云质大理岩，蛇纹石化大理岩。由于溶蚀裂隙的进一步扩大，形成溶槽、溶洞，增加了导水性能，含水较丰富。新沂某孔打在黑云母斜长片麻岩里的薄层大理岩中，孔深188米，日出水量达567吨。山东望城公社东吕家埠子平塘，在厚层大理岩中夹有4米厚的粗粒大理岩，上部风化成砂状，下部岩溶发育，开采井深只8米，日出水量达2000—

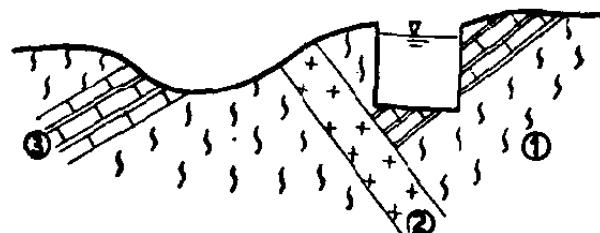


图85 望城大队大口井地质剖面
①片麻岩；②火成岩脉；③大理岩。

2500吨，河北省内丘县神头村陆加坡井，虽然在地貌上位于近沟头部位，但由于井打在北西向断层上盘的大理岩中，大理岩出露宽5—6米，延伸达几公里，岩溶裂隙发育，井深仅7米左右，井径5米，水位埋深6米，抽水水位下降不到一米，每小时出水约30吨。河北曲阳县石门大队村中大口井，位于溶蚀现象比较发育的大理岩中，其中溶蚀裂隙有的宽达20厘米；该处大理岩厚约50—60米，延伸较远，地处山前斜坡，坡度比较平缓，上覆1—3米第四纪松散层，利于大理岩富水（图86）；该井原打20米见水，但放炮炸石后水消失，后经水文地质人员调查，并建议加深，结果于24—26米连见几个较大的溶洞，地下水位上涨至离地表18米，抽水时水位下降2.7米，每小时出水达55吨；不仅彻底解决了全村的吃水问题，而且还灌溉了土地。

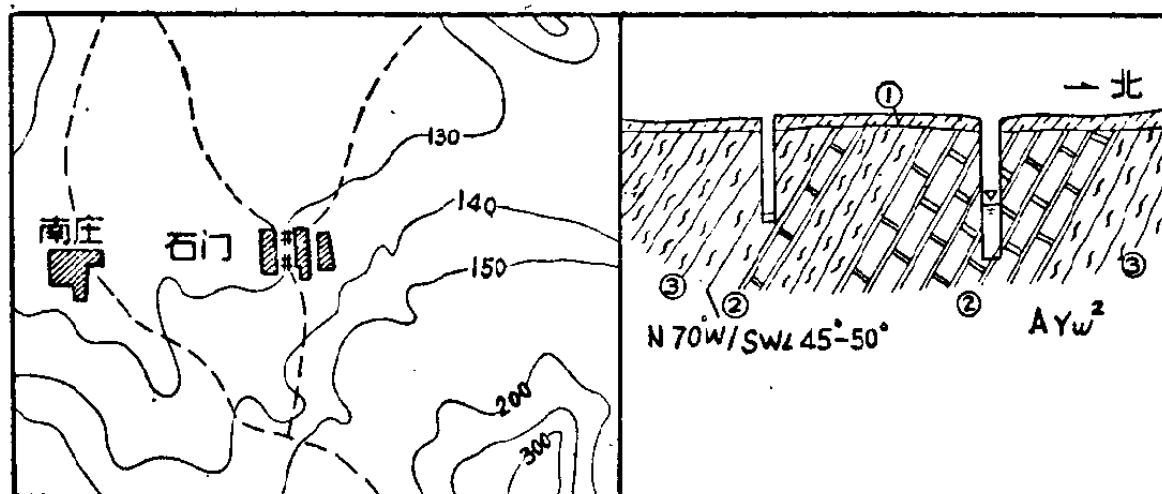


图86 石门村中大口径井平面、剖面图

①第四系覆盖层；②前震旦系阜平群湾子组大理岩；③前震旦系阜平群湾子组斜长角闪片麻岩。

（三）寻找断层破碎带内的地下水

变质岩区，一般断层形成时期较早，其断裂带多充填固结，加之变质岩区分布的地层多为含水条件差不多的古老片麻岩，由于云母类的片状矿物较多，岩性相对柔软，所以，多数

断层的含水性都比较差。但是，经后期再活动或晚期形成的断层，一般还是比较富水的。其富水性大小，主要决定于断层本身的性质，两盘的岩性及岩层组合，断裂带的破碎及裂隙发育状况、胶结程度、后期的活动及改造情况等，一般张性、两盘岩性硬脆、断层两侧裂隙发育、近期再活动的断层富水性较好。现以实例说明变质岩区的断层富水性。

1. 压扭性断层旁侧裂隙带富水

江苏东北部的变质岩区，广泛分布有北东60度及北东20度左右的压扭性断层，一般规模较大，长数公里，宽数百米，其主断裂部位强烈压扭，分布铁质、硅质胶结紧密的角砾岩、糜棱岩，隔水而不含水。两侧影响带内，张扭及压扭性共轭裂隙及羽毛状张裂隙发育，富集地下水，泉水常于迎水盘呈线状分布，如图87刘弯-罗庄压扭性断层，上升泉沿断层西北侧（下

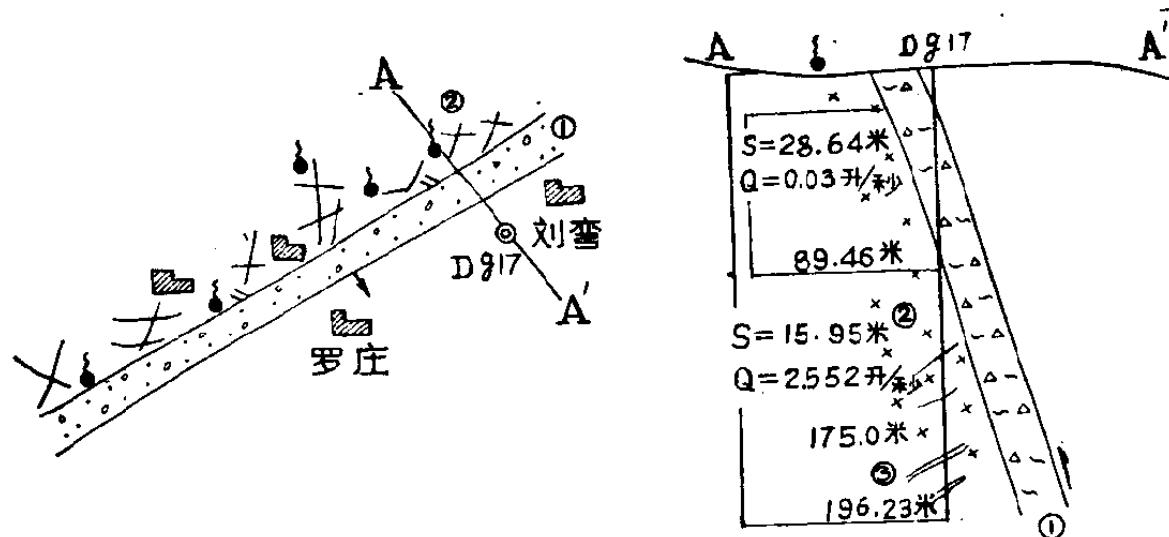


图87 刘弯-罗庄压扭性断层旁侧裂隙含水示意平面、剖面图

①压扭性断裂带；②旁侧裂隙带；③张开裂隙。

盘)裂隙发育带呈线状分布，经Dg17号孔钻探分段抽水试验表明，在89.46米以上为断层角砾岩，胶结紧密，含水甚微，抽水降深28.64米，每小时出水仅0.112吨，当钻孔穿过角砾岩带，在裂隙发育影响带中打到196.23米时抽水，水位下降15.95米，每小时出水达9.2吨。

2. 张性及张扭性断层破碎带富水

变质岩区的张性及张扭性断层，特别是经过近期再活动的断层，其破碎带常呈块状破碎、疏松、裂隙发育且张开性强，为地下水的良好富集地段，在地形地貌及岩性条件有利的情况下，常可打出水量丰富的井来，如山东肥城县雨前大队，在张扭性断层破碎带上挖一井，深18米，井径12米，日出水量达

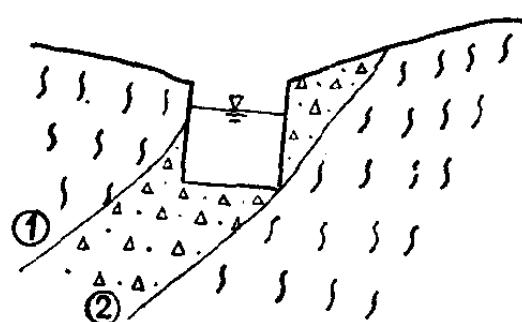


图88 肥城雨前大队大口井地质剖面图

①片麻岩；②断层破碎带。

1200吨左右(图88)。又如河北内丘县天台村南大口井，地貌上位于两沟交汇处(图89)，汇水面积较大，岩性为黑云斜长角闪片麻岩及角闪片麻岩，构造上正好打在走向北东 60° ，倾向北西倾角 58° 的张扭性断层上，断层破碎带宽3—4米，岩石呈块状及角砾状破碎；该井原为方形老井，边长5米左右，深6米左右，水量不够泵抽，后根据断层产状在井中向西北加深挖槽，宽约1.5米，加深至8米，水位埋深6米(春旱时)，抽水水位下降2米左右，每小时出水可达35吨。

3. 复活断层裂隙带富水

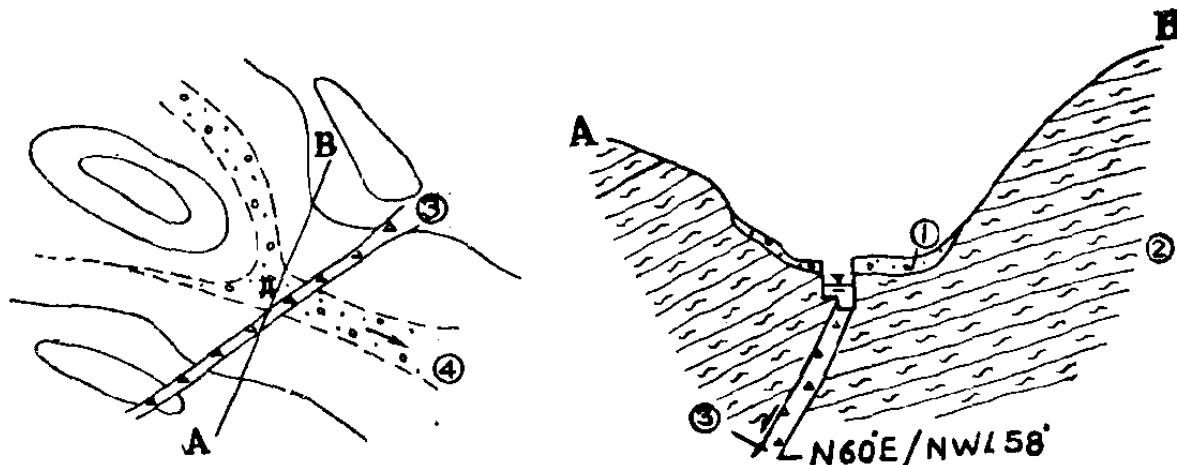


图89 内丘县天台村南大口井平面及剖面示意图

①第四系覆盖层；②片麻岩；③断层破碎带；④干沟。

早期形成的断层，在后期构造运动作用下，发生再次断裂，有的将早期角砾岩及其围岩一并断开，有的使充填的岩脉断开，使原来已固结紧密的古老断层裂隙翻新，或者产生新的裂隙，成为地下水的富集场所或良好通道。如苏北前恰-陈栈压扭性断层，为片麻岩中再次断裂的老断层，断层上盘裂隙发育，张开性强，富水。图90为该断层通过南双枝的横剖面，由于断层再次活动，使原沿断层侵入的花岗闪长岩体断碎富水，钻孔D_{g1}分段抽水证实，230米以下仍为良好富水段，抽水降深27.64米，日出水量可达542吨。

另外，在断层的旁侧裂隙带中，如果有晚期碳酸盐质热液充填，形成方解石脉或碳酸盐团块夹杂于岩石裂隙内，或者由于蚀变作用的结果，使岩石微层理间、微裂隙中，甚至矿物晶体间发生强烈的碳酸盐化。碳酸盐化的岩石，在地下水长期作用下，形成溶隙、溶孔、溶洞等空隙，勾通了裂隙地下水的联系，同时也蓄集地下水。如江苏水文地质队，在找水工作中证实：凡具有碳酸盐化的断层裂隙带，其富水性较强。

4. 大断层附近的支断层富水

在大断层附近的支断层中，也常赋存有构造裂隙脉状水。这种地下水，往往与大断层破碎带的地下水有水力联系，但支断层及分支裂隙富水性很不均匀。在相距较近的钻孔中往往会出现一个无水，另一个水量较大的情况。这种脉状裂隙水

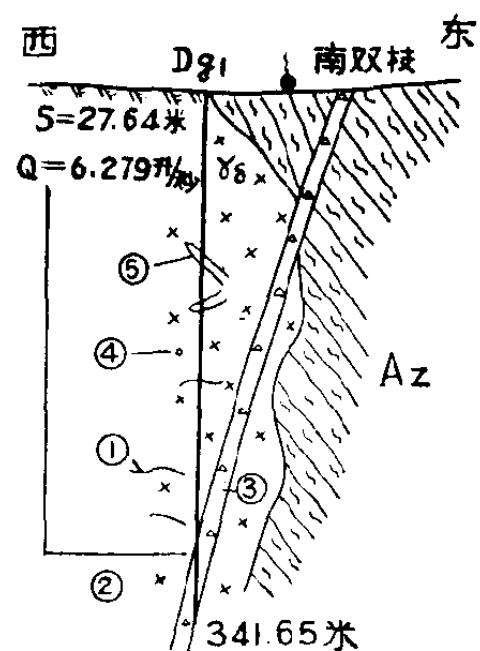


图90 南双枝(D_{g1})钻孔剖面图

①张开裂隙；②裂隙带；③断层角砾岩及断层泥；④围岩的压碎结构及重结晶现象；⑤脉岩。AZ片麻岩；γ₈花岗闪长岩。

在变质岩区分布较广泛，往往具有承压性，埋藏深度不一。如

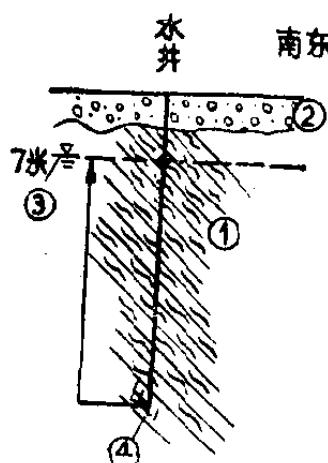


图91 东海县某厂钻孔剖面

①黑云母斜长片麻岩；②残、坡积层；
③承压水位；④脉状裂隙。

东海县某厂，孔深40米，在38米见宽0.4米的脉状裂隙带，含水丰富，日出水达800吨（图91）。

（四）寻找火成岩脉富水地段的地下水

在变质岩区，后期侵入形成的岩脉比较常见，一般为直立的和陡倾斜的，在地表呈条带状展布，其富水的大小，除与岩脉本身的规模和裂隙发育情况有关外，还决定于围岩的性质，岩脉与地形的关系，所处地貌位置等等。岩脉富水的原理，前在火山岩找水中已有说明，现就变质岩区阻水岩脉和含水岩脉两种情况加以简要叙述。

阻水岩脉，本身裂隙不发育，多数岩性致密（坚硬或相对柔软），在侵入形成过程中，对两侧岩石挤压、烘烤，提高其硬脆性，并产生挤压裂隙，使围岩接触带含水，若围岩为相对含水层，则岩脉似隔水暗坝而阻水，迫使地下水位抬高，有时还有泉水沿岩脉上游出露。此种情况下，一般宜在岩脉的迎水一侧裂隙带中打井，如图92，在岩脉与围岩接触带上，打一直径15米井深16米的大口井，日出水量达1000吨。河北曲阳等地也依此道理开挖大口井，水量较大，当地群众总结为：硬石线，象栋墙，墙边挖井水最旺。

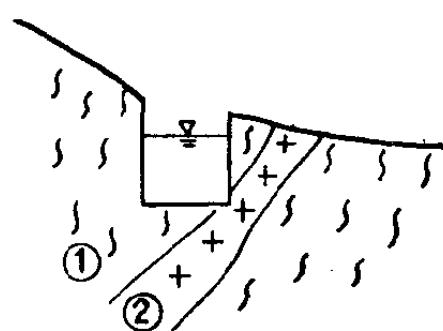


图92 山东肥城县柳沟大队
大口井地质剖面图

①片麻岩；②岩脉。

利用阻水岩脉作为找水标志时,同沉积岩类一样,即岩脉宽度大于1米,长度不小于200—300米;岩脉倾向与地形坡向相反,利于地下水储存,一致者较差;在平面上,汇水面积不小于1—2平方公里;井位和打井深度的确定,一方面注意水位埋深,另一方面注意岩脉倾斜方向,若地形较高,打井时不宜穿透岩脉;若干沟谷地带,岩脉近于直立,且宽度不太大时,也可穿切岩脉或顺岩脉开挖,以截取岩脉两侧的裂隙水。

含水岩脉,一般岩性坚硬性脆。在岩脉侵入形成过程中,冷缩发育成岩裂隙;再在后期构造作用下,遭受挫动、断碎,发育构造裂隙,因而含水。如江苏东北变质岩地区的石英岩脉,常充填于纵、横张裂隙中与榴辉岩共生,而榴辉岩亦为性刚易脆的岩石,裂隙发育,含水较富。从表6所列各孔看出,揭露石英脉的深度越大(Dg31)则水量越大。

表6 石英脉控水性钻孔资料统计表

孔 号	位 置	孔 深 (米)	见石英脉 深 度 (米)	围岩特征	抽水试验			
					静水位 埋 深 (米)	降深 (米)	涌水量 (升/秒)	单位涌 水量 (升/秒·米)
Dg31	东海县	185.77	71.05	以榴辉岩 榴闪岩为 主夹角闪 片岩	1.24	8.28	5.00	0.604
	牛山镇					10.64	6.38	0.600
Dg32	白塔埠	158.82	16.80	榴辉岩、 角闪片岩、 斜长片麻 岩	1.29	8.17	2.473	0.303
			64.0			12.82	3.462	0.270
Dg4	房山北	162.30	深部断 续尖灭	榴辉岩 角闪片岩	2.09	2.88	0.828	0.287
						9.07	2.396	0.264
						18.03	2.473	0.137

这类岩脉的含水大小,除与脉体本身的岩性、规模、裂隙发育状有关外,脉体与区域岩层产状、地形地貌部位也有密切关系。一般脉体所穿过的透水岩层层次多,厚度大,水量愈大。

第三节 岩溶水的基本特征及寻找方法

岩溶(过去称“喀斯特”),就是水对可溶性岩石的作用及其作用过程和产物的总称。可溶性的岩石主要指碳酸盐类岩石,在具有溶蚀能力的水溶解、溶滤、冲刷、搬运和堆积等一系列作用下,所产生的溶沟、溶槽、石林、孤峰、峰林、峰丛、溶蚀漏斗、落水洞、波立谷、石芽、石笋、石柱、石钟乳、溶隙、溶孔、溶洞、地下暗河等地表和地下的地质现象,统称岩溶现象(图93)。

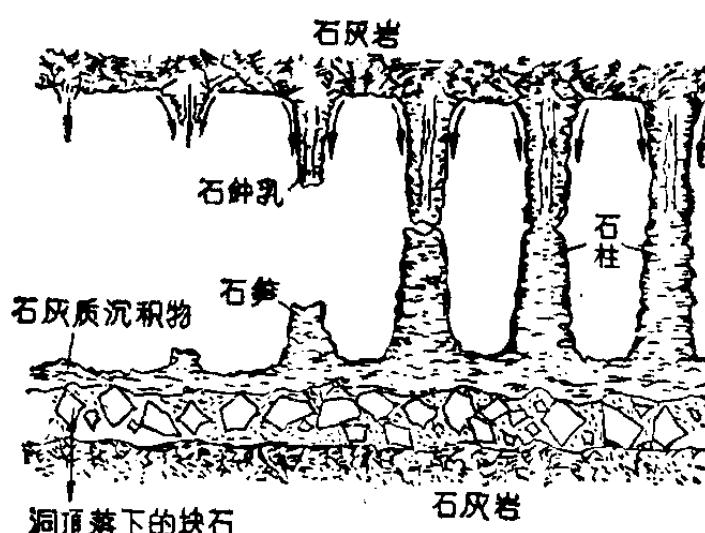


图93 石钟乳、石笋和石柱的生成示意图

岩溶主要发育在石灰岩及白云岩地区。但并不是所有的石灰岩和白云岩地区岩溶都十分发育。一般,岩溶发育必须具备两个基本条件:一是有可溶性的岩石和岩石能透水;二是水具有溶解岩石的能力和水在岩石中不断地运动。

由于各地的地质、地貌及气候等条件的不同,岩溶发育的状况各地也不一样,在我国南方,雨水多,气候湿润,石灰岩区岩溶发育强烈,广泛地分布有丰富的岩溶地下水;我国北方,

气候较干燥少雨，石灰岩中的岩溶远不如南方那样发育，但是也有相当丰富的岩溶水存在。

岩溶水，赋存于岩溶空隙当中，因此，岩溶的发育状况直接控制着岩溶地下水的赋存、分布和埋藏。我们寻找岩溶水，实际上就是要弄清岩溶发育的基本规律，从而进一步分析岩溶水的补给、迳流和排泄条件，进而寻找富水部位，达到开发和利用岩溶水的目的。

一、岩溶发育的一般规律

(一) 岩溶在质纯的可溶岩中发育强烈

岩石的可溶性，是岩石岩溶发育的内在因素。而岩石可溶，主要是由其组成主要矿物——方解石和白云石可溶所决定的。以方解石为主要矿物成分的岩石称石灰岩，以白云石为主要矿物成分的岩石称白云岩。这两种岩石，其纯度愈高，其可溶性越强，岩溶愈发育。然而，由于方解石和白云石两种矿物的溶解度和溶解速度不一样，其分别由它们所组成的两种岩石的可溶性又有所差别。在一般自然条件下，方解石的溶解度比白云石小，但其溶解速度比白云石大3—4倍，不断循环交替运动中的水对可溶岩的溶解，一般是溶解速度起着主导作用，所以，方解石虽然溶解度小，但溶解速度快，故由方解石为主要矿物组成的纯灰岩又比白云岩的可溶性强，岩溶发育亦强烈。白云岩，只有在一些水交替循环较缓慢的地区，才有可能出现岩溶强烈发育的现象。

实际资料证明，可溶性岩石中，随着不溶或弱溶的矿物成分增加，其可溶的能力也渐次减弱。如石灰岩中，随着白云石含量的增加，其岩石的溶解速度逐渐下降，岩溶作用也大大减弱。非可溶成分的增加，不仅减弱了岩石的溶解速度，而且也降低了岩石的溶解度，更不利于岩溶的产生。所以，在野外的

实践中，就岩性本身而言，质纯、分布面积广、厚度大（包括单层厚度和总厚度）的石灰岩中岩溶发育强烈；含杂质成分多、分布面积小、层薄的石灰岩，岩溶发育程度相对较弱。质纯的可溶岩，溶洞多、规模大、发育深远；质不纯的泥、炭质灰岩，则溶洞少，规模小，深度不大。在其他条件基本相似的情况下，岩溶发育由强到弱的岩性顺序大致是：纯石灰岩→白云质石灰岩和白云岩→大理岩→泥质及炭质石灰岩（表7）。

表7 广东岩溶矿区不同岩性岩溶发育程度比较表

可溶岩岩组 类 别	主要化学成分 (%)			CaO/MgO	岩溶率
	CaO	MgO	酸不溶物 (SiO ₂ + RO ₂)		
石灰岩岩组	55.74—56.19	0.11—6.6	0.11—1.2	506.7—8.51	8.4—17.2 一般大于20
白云质石灰岩— 白云岩岩组	30.6—43.11	7.33—21.00	0.01—1.12	4.17—2.05	8.9—15.8
大理岩岩组	70—90	5—25	1.9—5.2	1.4—3.6	4.1—8.13
泥质—炭质石灰 岩岩组	26.03—50.21	5—7.95	6.7—34.8	5.2—6.32	0—3.3

注：由七个岩溶矿区的实际资料统计整理而成此表。

（二）岩溶在构造断裂带，褶皱轴附近发育强烈

地质构造对岩溶发育的影响，主要是在一定的范围内加强或削弱水对岩石的溶蚀。具体地讲，一是破坏岩石的完整性，增加岩石的渗透性能，扩大水与岩石接触可溶机会，因而加强岩溶发育的程度；二是由于岩石透水性能沿构造的一定方向发生了改变，迫使地下水亦沿构造的一定方向运动，从而也控制了岩溶发育范围和延伸方向。在地质构造影响下，岩溶发育的特点为：

1. 岩溶主要沿断裂带附近发育

断层破坏了岩石的连续性和完整性，同时也加强了地下水的循环交替，使溶蚀能力强的地下水不断更替溶蚀能力减弱的地下水，并使具有溶蚀能力的水与可溶岩石的接触面不断扩大，加快水对岩石的溶蚀，所以，在可溶岩分布地区，若有断层存在，岩溶常沿断层两侧发育（如图94）。一般，张性及张扭性断层，岩溶于断层破碎带中发育；压性及压扭性断层，岩溶常于迎水一盘裂隙发育的影响带或主动盘发育；若断层两盘岩性不一样，岩溶常于可溶岩层或可溶性较强的岩石一侧发育。

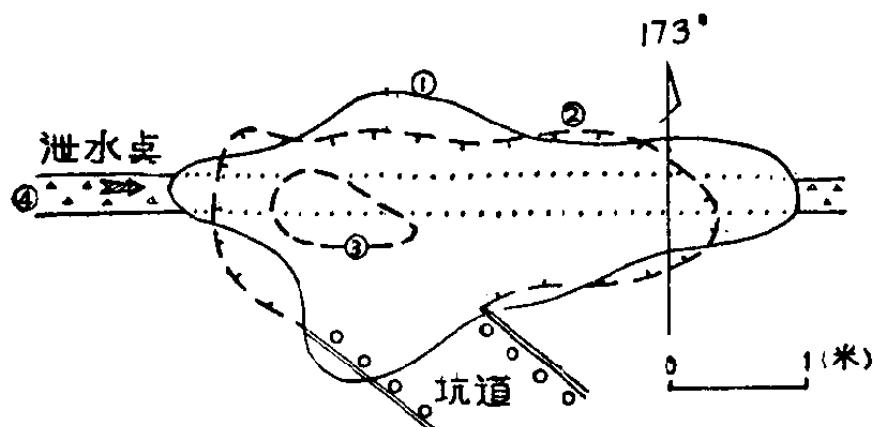


图94 广东某矿区坑道揭露的沿断层破碎带溶洞分布示意图

①坑道顶板1米的溶洞范围；②坑道顶板3米的溶洞范围；③坑道顶板6米的溶洞范围；④断层破碎带。

2. 岩溶常在褶曲轴部或平行于褶曲轴成带状发育

在褶皱的形成过程中，由于应力集中于褶曲轴部，常形成纵张断裂和“×”裂隙，特别是脆性碳酸盐岩类的岩层，弯曲时在褶曲的轴部往往出现岩层加厚，发生挤压破碎现象，或者沿层间发生滑动，在顶部形成虚脱的空隙，当褶皱轴部埋藏不深的情况下，利于地下水的活动与蓄集，促使褶曲轴部岩溶发育，常可形成沿轴向发育的暗河（图95）。在背斜条件下，因为背斜轴部的裂隙发育常具有上张下压的性质，所以顶部张裂发育，岩石破碎，利于地表水渗入和地下水活动，而往深部，裂隙

闭合，不利水的下渗与活动，故一般浅部岩溶比深部发育；在向斜条件下，岩溶常在轴部一定深度内强烈发育，如贵州、湘西等地，地面以下百余米深处的岩溶反比向斜浅部岩溶发育。

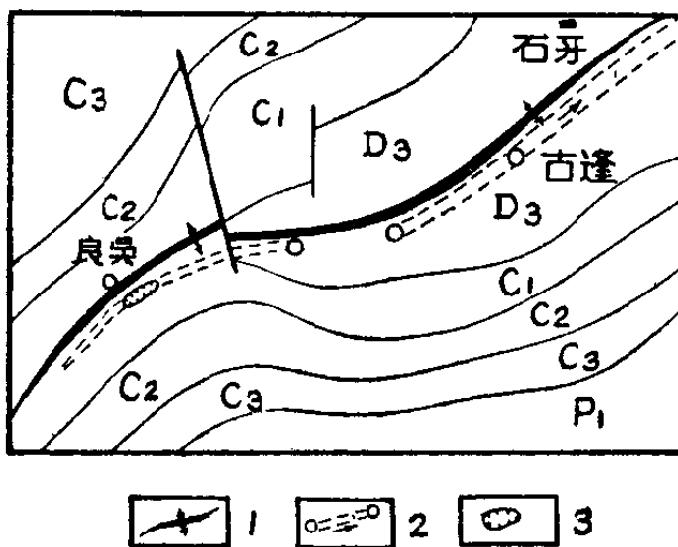


图95 广西来宾石芽一良吴地下河沿背斜轴发育平面图

1. 背斜轴；2. 地下河及流向；3. 塌陷（夸大）。P₁下二迭统薄层硅质灰岩、砂页岩；C₃、C₂、C₁上、中、下石炭统纯石灰岩；D₃上泥盆统石灰岩。

褶皱紧密的线性褶曲，常使可溶岩与非可溶岩沿轴向成条带状相间排列分布，因而岩溶也沿可溶岩成平行褶曲轴的带状分布。

（三）岩溶在可溶岩与非可溶岩或强可溶与弱可溶岩接触带发育强烈

可溶岩与非可溶岩、强可溶岩与弱可溶岩接触带，常因岩性的差异，在地质构造作用下，不同岩性接触带往往产生层间滑动，两侧产生构造裂隙，特别是质硬性脆的易溶灰岩一侧，张性裂隙更易产生，有利地下水的渗入和运动。而非可溶岩或弱可溶岩常为相对性柔岩层，裂隙发育较差，透水能力弱。当地下水在裂隙中运动遇到非可溶或弱可溶岩时，常受到阻隔或顶托回水，地下水就较易沿着此接触带的可溶岩中活动，

从而加强对可溶岩的溶蚀作用，进一步增加了可溶岩的透水性能。另外，从非可溶岩的裂隙渗入到接触带可溶岩中的地下水，在非可溶或弱可溶岩层中运动，没有或很少消耗其侵蚀能力，对可溶岩的溶蚀仍然较强，因而也促使在接触带的可溶岩或强可溶岩岩溶发育。所以，当可溶的碳酸盐岩类与非可溶的其他沉积岩、火成岩及变质岩，以及强可溶的纯灰岩与弱可溶的泥质、白云质灰岩接触时，接触带的碳酸盐岩石，特别是强可溶的纯灰岩岩溶是十分发育的，如图96。又如曲阳县灵山向斜的和尚洞、雀儿崖洞都是发育在纯灰岩与泥灰岩的接触带上，其直径1—4米，可进深度30—40米。

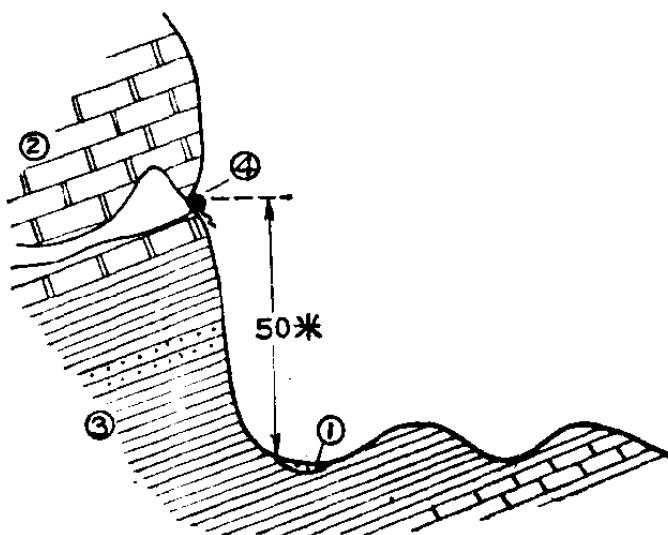


图96 广西河池县流水崖剖面示意图

①第四系冲积砂；②中石炭统白云岩；③下石炭统页岩偶夹砂岩及灰岩；④地下河出口下降泉。

(四) 岩溶在地势低洼，河谷两岸发育强烈

地形地貌及水文气象条件，决定着地表水的汇集或流散，影响着岩溶地下水的补给来源大小和迳流或排泄条件的强弱，从而在一定程度上决定着地水循环交替的强度和对岩石溶蚀能力。如我国北方和南方的岩溶发育强度不一样，在很大程度上就是南、北方降雨和河系等水文气象条件不一样的

缘故。所以，在地形地貌及水文气象因素的影响下，一般在河谷两岸及地势低洼等地经常或常年有水活动的地带，岩溶比其他地方发育。

（五）岩溶主要发育在地表及浅部可溶岩层中

地表及地下浅部，各种地质作用强烈，特别是外力地质作用，主要在地表附近强烈进行，因此，地表附近的各种风化裂隙特别发育。同时，岩石的各种构造裂隙，也都是在一定深度内发育，随着深度的增加裂隙逐渐减弱。所以，岩溶也只在离地表的一定深度内发育良好，而往地下深处逐渐减弱。因此，岩溶发育在垂直剖面上常有一定的分带性：近地表浅部，地下水运动强烈，岩溶强烈发育，常构成许多洞穴通道，称溶洞带；溶洞带以下，地下水主要沿裂隙溶蚀，形成溶隙，局部也可形成溶洞，称洞隙带；地下深部地方，地下水运动迟缓，但水压大，常沿可溶岩颗粒间的薄弱环节进行渗透溶蚀，形成小的溶孔，称溶孔带。

二、岩溶水的基本特征

（一）含水层的富水性极不均匀

岩溶含水层的富水性从总的来说是较强的，但是含水又极不均匀。如前面所述，岩溶水埋藏于可溶岩的溶隙、溶洞等空隙中，并不是均匀地遍及整个可溶岩层及其分布范围。所以，往往同一岩溶含水层，在同一标高范围内，或者是同一地段，甚至在几十米或几米内，其富水性的差异可达数十倍至数百倍。由于这一不均一性的存在，岩溶水在水力联系上也具有明显的各向异性，例如广东某矿区，在一深95米的钻孔中，遇溶洞总高达7.38米，充填物极少，抽水结果，单位涌水量达21.38升/秒·米；而另一钻孔在其西北方，相距仅54米，孔深

110多米，打至同一层灰岩，岩溶发育极弱，未遇溶洞，抽水结果，单位涌水量仅0.003升/秒·米。河北曲阳县人工开挖斜井时（在中奥陶统灰岩中）也遇这种现象，在120米的斜井中（斜井倾斜角38~42°），在斜距70—80米段内，仅见小的溶蚀裂隙，有滴水和潮湿现象，而打至120米时，遇有较大溶洞，水量很大。广西某矿，斜井疏干上二迭统含水层四号煤层底板岩溶水时，中心孔降深97.5米，虽然各个方向都有水力联系，但是其形成的疏干漏斗长轴为短轴的三倍，明显地表现出各向异性（图97）。同时，位于疏干漏斗中心附近的602号孔的水位不动，这说明普遍具有水力联系的岩溶水中存在着特殊的无联系的孤立点，可见岩溶水的极不均一。

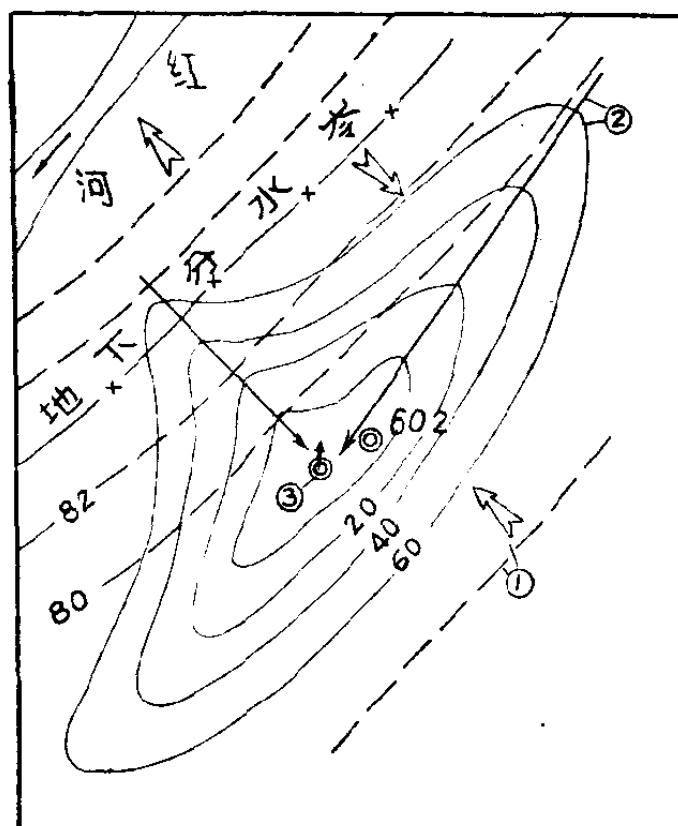


图97 里兰斜井疏干漏斗形态图

①原来等水压线及流向；②疏干时等水压线及流向；③中心孔。

（二）具有水平和垂直的富水分带规律

虽然岩溶含水层的富水性具有极不均一的特征，但在不

均一当中也有相对均一的富水地段。由于岩溶发育在岩性，地质构造、地貌及水文等因素的影响下，具有水平和垂直的分带规律，因而岩溶地下水亦有水平和垂直的富水分带规律。一般在垂直剖面上，浅部岩溶发育强烈，富水性强，为强含水带；深部岩溶发育弱，富水性小，为弱含水带。在水平分布上，岩溶水的富水带常沿褶皱轴部、断层破碎带、可溶岩与非可溶岩等不同岩性接触带呈条带状分布。存在于富水带的岩溶水，由于岩溶发育、互相连通，水力联系密切，具有大体一致的统一水位。从这一点看，它们又是相对均一的分布的。

(三) 岩溶化的含水层中，具有统一的地下水位和密切的水力联系

可溶岩中的溶洞、溶隙常不是孤立的，尤其是岩溶化的可溶岩中，常常是溶洞、溶隙等岩溶现象并存，洞与洞、洞与溶隙之间互相连通，因而使存在于岩溶空隙中的水，在岩溶发育的区域内互相传递性很强；具有密切的水力联系，构成一个含水的整体，有大致统一的区域性地下水位，其水力坡度受微地形地貌的影响不大，常较平缓。如广东某矿区，553号双主孔抽水时，水位降深3.23米，在位于主孔四周100米范围内，观测孔水位降低2.92—2.98米。在300米范围内，观测孔水位降低1.3—2.4米。在500米范围内，观测孔水位降低0.9—1.2米，最大影响范围达1,630米。山东省某矿区，在相距两公里范围内的两个重点矿点，勘探证明岩溶水水量较大，1970年在两个矿点同时进行长达一个月的联合抽水试验，在周围布置了多个观测孔，结果水位变动较大，亦形成了大面积的下降漏斗。由此说明岩溶地下水虽分布有不均一性，但在岩溶化的含水层中其水力联系是较密切的。

(四) 呈脉状、管状迳流运动

在岩溶发育地区，岩溶孔洞、溶隙一般都比较宽敞，互相连通，在地下水的长期作用下，常形成脉状管状通道，降雨或地表水迅速渗透补给地下水，就沿这些脉状、管状通道迅速汇集和运动，有的地方迅速排泄，因而，岩溶水的动态变化幅度大，且很不稳定。大量接受补给，集中迳流是岩溶水的动态特点。因此，处于补给和迳流地带的可溶岩区往往地表水源缺乏，地下暗河水量充沛。某些地表河流进入岩溶区流量突然锐减或者断流，然后又在下游的一定地区流出地表，因此，地表水与地下水互相转化十分敏捷。如河北省曲阳县的干河沟，其上游常年有水，最枯流量0.3—0.5方/秒，但进入奥陶系灰岩的岩溶发育区后，逐渐潜入地下，河水断流而成为干河沟，到下游20里的南镇村附近又以上非泉的形式溢出补给河水。

综上所述，岩溶水常以脉状管状形式迳流排泄，岩石含水极不均一，但含水较丰富，呈带状分布富水、水力联系较密切……。认识了这些规律以后，就为我们寻找岩溶水指出了方向。同时，在开采岩溶水的过程中，遇到水量差异悬殊等异常情况时，也不会感到惊奇而束手无策。

三、岩溶水的寻找

(一) 根据岩溶地貌标志寻找地下水

凡岩溶发育地区，在地貌形态上都有所反映。如广西唐甫—拉闷地下河就是利用地貌特征找到的。顺地下暗河方向，在地表有干谷、串珠状分布的洼地、溶井（垂直溶洞如井状）、落水洞、进水点、出水点、漏斗以及出水遗迹，个别地段则有明流与暗流相间出现和鱼类活动等（见图98）。

在岩溶区与非岩溶区的交界处，常可见到从非岩溶区流

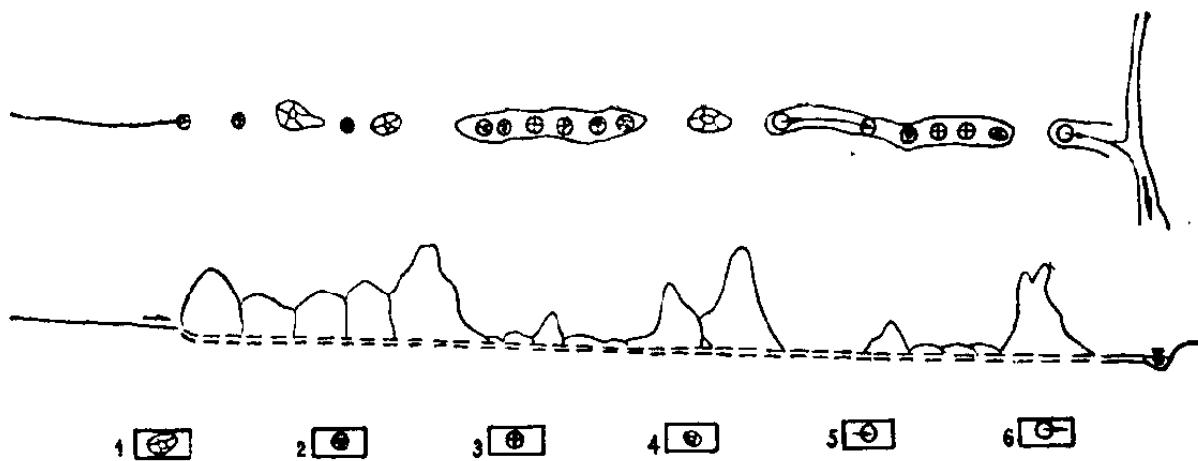


图98 唐甫-拉闷地下河的地貌标志平面及剖面示意图

- 1.洼地；2.溶井；3.落水洞；4.漏斗；5.地下河进口；
- 6.地下河出口。

来的地表水流潜入地下。当发现暗河的入口(或出口)，就要注意找到它的出口(或入口)。中间段可沿上述地貌现象进行追索调查，结合地质构造条件分析、寻找暗河流径的具体位置，甚至从落水洞、溶井等洞穴直接进入地下河道中去进行调查。如湖南省零陵县大庆坪公社“引出千年阴河水，迎来春色换人间”的宏伟工程，便是开发地下暗河(或叫阴河)的一个很好范例。这个公社位于湖南、广西两省交界处岩溶十分发育的地区。在这里，地面上乱石林立，地下是一个个溶洞。洞内有湖泊和暗河。雨后，地面很快干枯，吃水都很困难。在毛主席关于“农业学大寨”的伟大号召鼓舞下，公社党委领导贫下中农在倾盆大雨的日子里，追山洪、探水势观察水的流向；在旱季，爬高山、钻溶洞，在不到一年的时间里，勘察了四十八处溶洞，找到了很多可以开发的地下水源。后来兴建了五个地下引水工程和六座地下水坝，凿通了十二个隧洞，开挖盘山渠道一百九十九华里，把一个个水源奇缺的山村，变成了常年流水的米粮川。

河北省曲阳县灵山公社西庞家洼大队，位于灵山向斜西北翼，地处中奥陶统马家沟群纯质石灰岩分布区，过去是一个

水源奇缺的山村，广大贫下中农遵照毛主席关于“水利是农业的命脉”的指示，在大队党支部领导下，组成由干部、贫下中农、水文地质人员三结合的找水小组，跑遍了山山岭岭，调查了将近40平方公里的面积，发现磨子山北的葫芦旺处有地表水流潜入地下，而此点以南，常年无水流，形成干沟。在北镇和南镇之间，又有泉水出露（泉水流量0.2—0.8方/秒）。西庞家洼正处在入水点和出水点之间。从地表观察，庞家洼一带地表岩溶现象很发育，有小溶沟、溶洞，特别是顺层间裂隙发

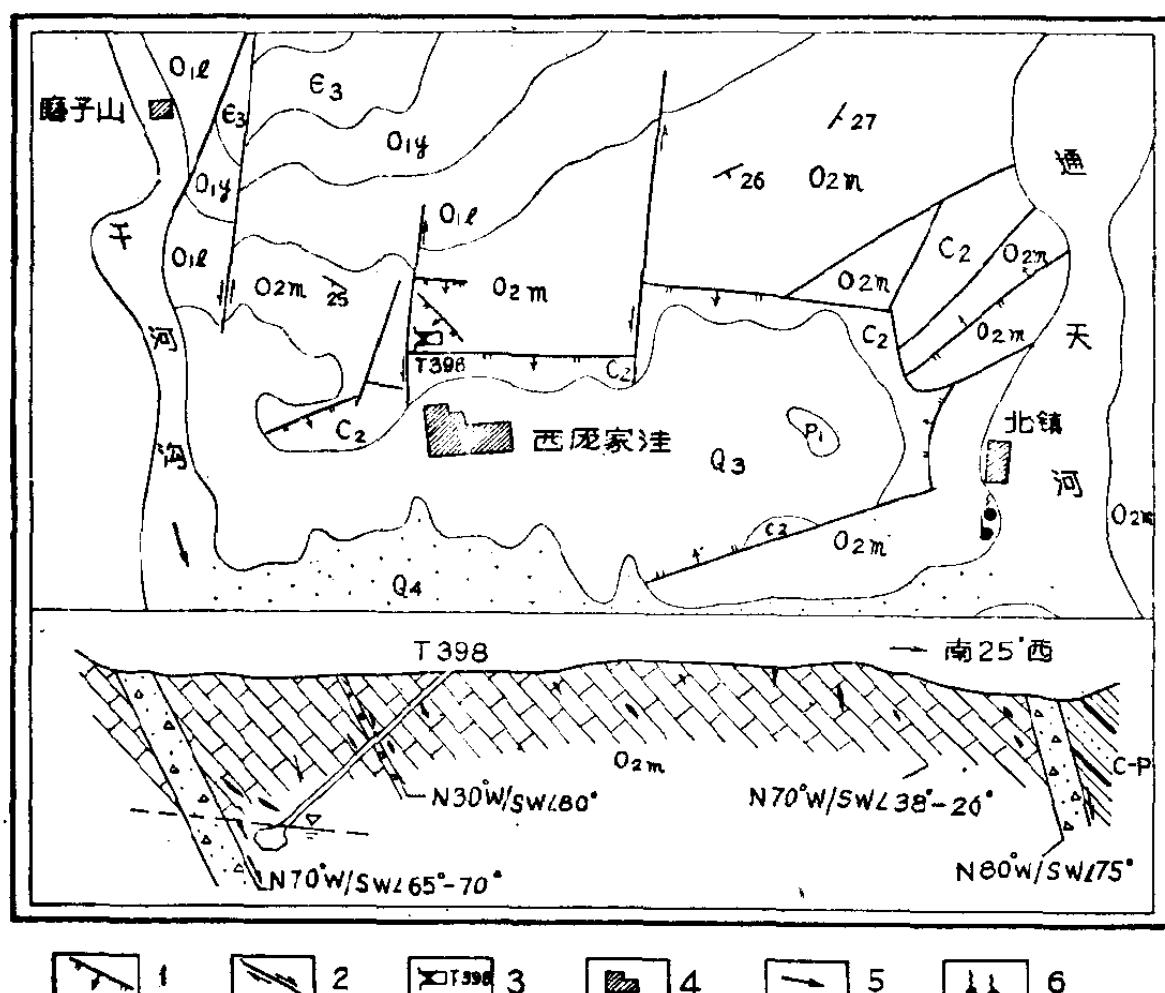


图99 西庞家洼大队斜井平面剖面图

①张性断层；②扭性断层；③斜井位及编号；④村镇；⑤地下水流向；⑥水磨槽泉群；Q 第四系松散层；P 二迭系砂页岩；C₂ 石炭系中统砂页岩；C-P 石炭、二迭系未分；O_{2m} 奥陶系中统马家沟组灰岩；Q₁ 奥陶系下统亮甲山组灰岩；O₁ 奥陶系下统冶里组灰岩；E₃ 寒武系上统灰岩夹页岩。

育的溶洞更是屡见不鲜。同时，在庞家洼村北，石炭-二迭纪地层与中奥陶统的马家沟灰岩又是断层接触，利于大气降水渗入，从而可进一步促使岩溶发育。经分析判断，确定了井位。他们顶风冒雨，披星戴月，克服重重困难，奋战204个昼夜，终于在坚硬的石灰岩中打成了一个高1.8米、宽2.0米、深120米的斜井，遇到宽约4.0米，长(可见长度)约10米，高为5.0米的大溶洞。水面平静，清澈透明，经抽水试验，每小时出水量72吨，水位只下降0.6米(图99)。

我们把这种找水方法总结为：“有了入口查出口，二者之间查潜流。”

(二)根据岩性和岩性组合特征寻找岩溶水

由前述可知，岩溶在质纯层厚的灰岩中，在可溶岩与非可溶岩或弱可溶岩的接触带发育强烈。这些部位，在补给条件有利时常富集丰富的地下水。因此，根据岩溶发育的这一特点，可作为我们在岩溶地区寻找岩溶水的对象和标志，如河北曲阳某厂供水二、三号孔，均施工于沟谷岸边的马家沟群石灰岩中，二号孔深114.39米，于孔深3.5—4.6米，12.36—12.56米，16.35—16.8米，84.76—85.26米四处分别见1.1米、0.2米、0.45米、0.5米的溶洞，溶洞均发育于微紫灰色纯质的蠕虫状灰岩中，钻孔单位涌水量达49.2升/秒·米；三号孔于149—151米、156.8—157.74米、170.26—171.18米三处见溶洞，溶洞亦发育于质纯灰岩中，钻孔单位涌水量达22.7升/秒·米。河北易县西市村大口井(图100)，位于下奥陶冶里组灰岩与侵入岩接触带中，井中岩石破碎，溶洞发育，每昼夜出水1500吨。

同样道理，在石灰岩分布区，如有岩脉分布，则岩脉与灰岩的接触面也是地下水富集地带。如曲阳县的东庞家洼大队，依此特点挖一斜井，当至91米打穿岩脉后水位立即上涨40

米(斜距),抽水水位下降少许,出水每小时50—60吨。从此,不但解决了全村的人畜吃水问题,而且浇灌了土地。

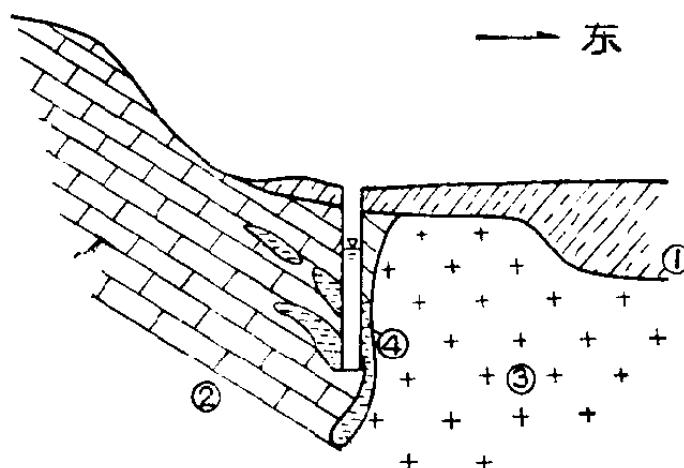


图100 西市村大口井地质剖面示意图

①第四系松散层; ②下奥陶统石灰岩; ③侵入岩体; ④溶洞。

在山间盆地或山麓丘间平原,以及山前平原地带,多被第四系覆盖,看不见基岩露头,而第四系松散层中水量不足,如果下伏岩层为质纯灰岩时,可深打开采浅层岩溶水。如河北易县留召公社的匡山、坟庄、东留召等大队,在挖大口井中,第四系覆盖层厚15—18米,水位埋深15—16米,水量不足,但其下伏为质纯灰岩,后又加深5—7米,灰岩中岩溶发育,含水丰富,井的出水量增大到每小时60—80吨。对此,当地群众总结说:“松散土层水不足,深打岩溶水倍增。”

但是,岩溶并不是纯粹按岩性特征发育的,还与很多因素有关。在考虑岩性找到丰富地下水的同时,需指出按岩性打井还有不少地方存在着失败的教训。如河南密县楚庄村,在中奥陶统马家沟灰岩中打井,当地地下水位埋深约70米,可是打了110米,因裂隙和岩溶不发育,每日出水仅十余担。又如河北曲阳野北村斜井和齐古庄斜井,都位于中奥陶统马家沟灰岩中,井深超过当地地下水位30—50米,水量甚微。因此,单纯考虑岩性是不够的,在寻找岩溶水时应引起注意。

在可溶性较弱的岩层广泛分布区，若有相对可溶性较强的岩石夹层存在，由于岩性差异，可溶性强的岩层中岩溶发育，相对富水。如河北的蔚县、遵化、丰润、迁安等县的部分山区，广泛分布着震旦系厚至中厚层硅质、泥质白云岩夹含燧石层或燧石条带及结核白云岩。在含燧石条带和结核白云岩中，钙质含量较高，往往夹有不规则的钙质团块，经地下水的溶蚀作用，沿钙质团块形成溶隙溶孔或溶洞，富含地下水，当地貌条件适宜时，打井遇到此层常可见到较丰富的地下水。遵化大老峪村东山坡两个大口井，均位于杨庄组紫红色泥质白云岩中的燧石条带白云岩夹层内，井深仅3—4米，水位埋深一米，水量较丰富（如图101）。又如丰润县张庄子机井，打在泥质白云岩的含燧石条带白云岩夹层中，孔深99.25米，水位埋深38米，出水量达每小时40吨（图102）。

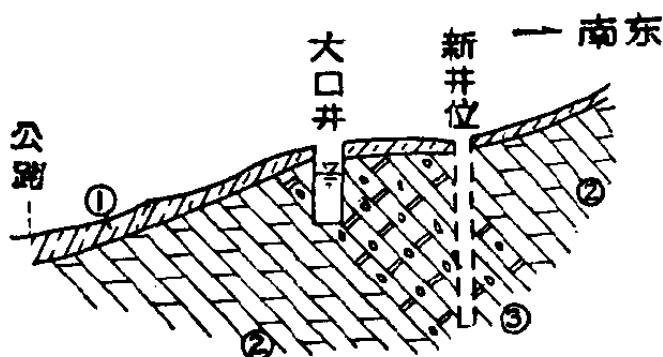


图101 大老峪村东大口井地质剖面示意图

①第四系松散层；②震旦系杨庄组泥质白云岩；③震旦系杨庄组燧石条带白云岩。

当可溶岩夹在上下均为非可溶岩岩层之中，岩溶只能顺层发育，形成层间岩溶含水层。例如，山东省的磁窑附近，在寒武纪页岩中间夹有几层薄层灰岩，过去被“洋人”判定这一带分布着不透水岩层，根本无水。1970年山东水文队派抗旱小分队又来磁窑，与贫下中农一起，重新调查这一带的水文地质

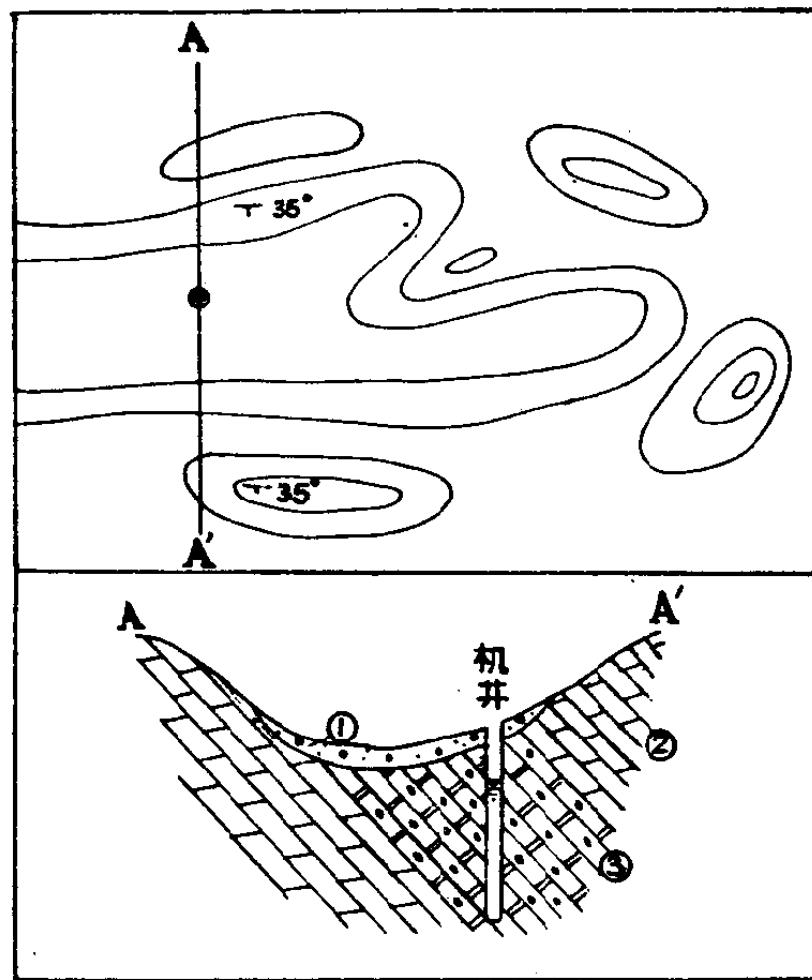


图102 丰润县张庄子机井平面、剖面示意图
 ①第四系松散层；②震旦系雾迷山组泥质白云岩；③震旦系雾迷山组燧石条带白云岩。

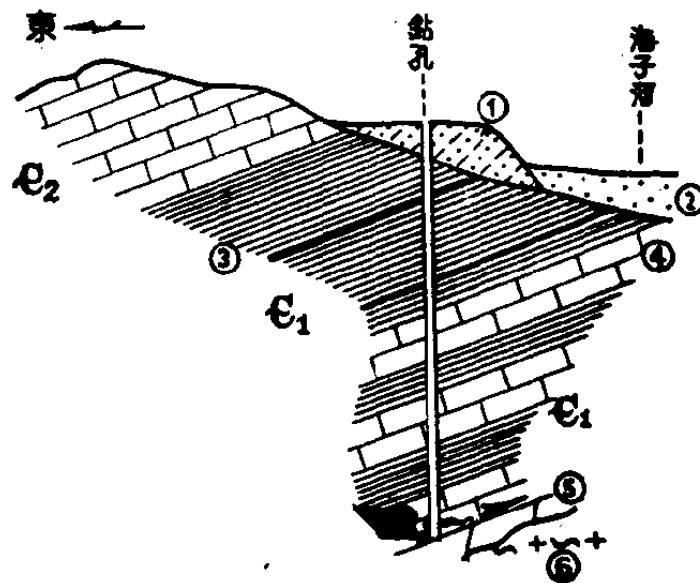


图103 磁窑车站西钻孔地质剖面示意图
 ①粘质砂土；②砂层；③页岩；④灰岩；⑤泥灰岩；⑥变质岩。
 E₂ 寒武系中统；E₁ 寒武系下统。

情况，发现薄层灰岩裂隙及岩溶均较发育，且其分布面积和地下水补给面积较大，做出有水的判断，选择了孔位，孔深150米，打到预计的目的层，岩溶很发育，找到了承压水，水位接近地表。抽水结果，水位下降一米，每昼夜出水量达2000吨，使过去“洋人”认为无水的磁窑获得了新生（见图103）。

（三）根据断层、褶皱构造找水

如前所述，可溶岩的分布区，岩溶的发育与断层、褶皱都有关系。因此，岩溶水的分布与富集，与断层和褶皱有着密切的关系。在这方面，辽宁、山东、山西、河北及广东、广西等省通过生产实践都总结出了宝贵的经验。如辽宁水文地质队在总结中提到：第一，岩溶在褶曲的一定部位发育，近褶曲轴比翼部发育，向斜轴部比背斜轴部发育；倒转向斜比不倒转向斜发育，从而归纳出①倒转向斜断裂蓄水构造；②单斜断裂蓄水构造；③背斜断裂蓄水构造等（图104）。

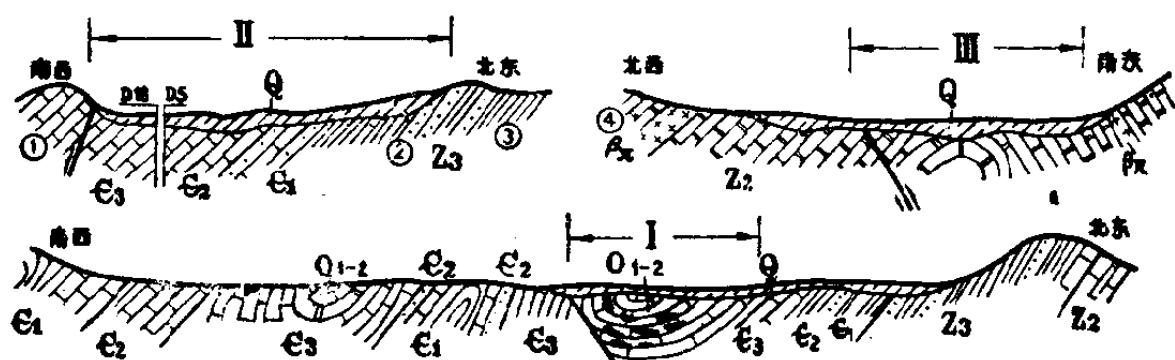


图104 岩溶水蓄水构造类型示意剖面

I. 倒转向斜断裂蓄水构造；II. 单斜断裂蓄水构造；III. 背斜断裂蓄水构造。①灰岩；②砂岩；③页岩；④白云岩。O₁₋₂ 奥陶系下-中统；E₁、E₂、E₃ 寒武系上、中、下统；Z₃、Z₂ 震旦系上中统。

第二，一些断层控制着岩溶的发育。靠近断层或破碎带的一侧岩溶发育，如革镇堡地段，在断裂破碎带附近的1、2号孔比远离的7号孔岩溶发育（见图105及表8）。

表 8

钻孔编号	钻孔揭露灰岩总长 (米)	遇到溶洞总长 (米)	岩溶率 (%)
2	116.66	3.195	2.74
1	115.75	1.729	1.489
7	99.05	0	0

由于断层性质不同，则岩溶发育也不一样。例如大魏家庄地段单斜断裂蓄水构造(图104)，靠近正断层(还具平推断层性质)附近的D₅、D₁₈二孔，平均可见岩溶率为4.8% (钻孔总深度与钻孔中所见溶洞长度之百分比称岩溶率)，抽水时，日出水量为12,100吨。而逆断层附近的岩溶发育程度则较差。

综上所述，根据岩溶地貌寻找地下水的实质，就是利用岩溶地下水具有统一水压面的道理，即所谓区域水位找水法。层间岩溶水的寻找，和根据岩脉阻水特征找水，其实质就是寻找可溶岩与非可溶岩的界面，这一点为深水位的高山区寻找浅层水或上层滞水指出了方向；而利用断层和褶皱构造寻找岩溶水，一般则多适用于岩溶地下水的迳流区和排泄区。

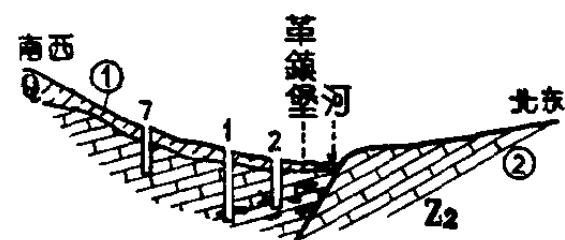


图105 草镇堡地段岩溶沿断层
发育状况示意剖面

①亚砂土；②石灰岩。Q第四系；
Z₂震旦系中统。

第四节 山间河谷第四系孔隙潜水的寻找方法

山间河谷地带，具有一定厚度的第四系松散沉积物，在有

利的水文地质条件下，埋藏有较丰富的地下水。其水量大小，与堆积物的性质、厚度、分布范围和补给来源、基底岩性等有关。河谷堆积物的性质和厚度变化以及它们的分布范围，又受地壳升降运动和周围岩石性质、地质构造及所处河谷地段位置与河谷地形的影响。地壳升降运动，决定整个河谷的侵蚀和堆积；岩石性质及地质构造又决定着河谷的形态和河谷堆积的物质成分；所处河谷地段不同，其物质来源多寡和颗粒粗细不同；河谷的形态，控制了堆积的空间范围，从而也就决定了堆积物质的分布范围大小。对于某一条河流，在河谷上游，水流湍急，搬运能力大，携带的物质颗粒大小混杂，分选很差，磨圆度不好；而河谷下游地段，流速减缓，堆积物颗粒较细，成层性和分选性较好。老年河谷，谷底宽敞，纵坡平缓，河曲发育，常有较多的堆积物。河流在拐弯处冲蚀凹岸，横向环流将所携带的物质在凸岸堆积下来，形成下粗上细的堆积层，利于潜水贮存。在地壳的不断上升和下降运动影响下，河流的侵蚀和堆积不断交替进行，形成沿河谷两岸规模不等的河漫滩和河流阶地。山间河谷第四系孔隙潜水，主要就埋藏在河漫滩及阶地中。

一、河漫滩及阶地

(一) 河谷要素(图106)

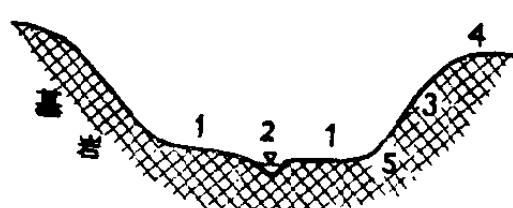


图106 河谷要素图

1. 谷底；2. 河床(有水部分)；
3. 谷坡；4. 谷缘；5. 坡麓。

谷底：河谷相对较平坦的底部，包括河床和河漫滩。在狭窄的河谷中，常常没有河漫滩。

谷坡：河谷两侧高出谷底的斜坡，斜坡上往往分布着阶地。

谷缘：即谷坡的上部转折

处。河谷的宽度是从一坡谷缘到另一坡谷缘的距离。

坡麓：谷坡与谷底的交线，是一个常被各种沉积物掩埋的地带。

(二) 河漫滩

河漫滩是河流在洪水期才被淹没的谷底地带。由于河流的侧方侵蚀，河谷不断展宽，谷岸后退，河流侵蚀河岸的物质及河中带来的物质堆积在河流的凸岸，往往堆积的是砂、砾石层，形成了河漫滩的雏形。当河流进一步展宽，平水期不淹没，洪水期淹没时，带来的泥土淤积，构成了河漫滩上细下粗的二元结构(图107)。

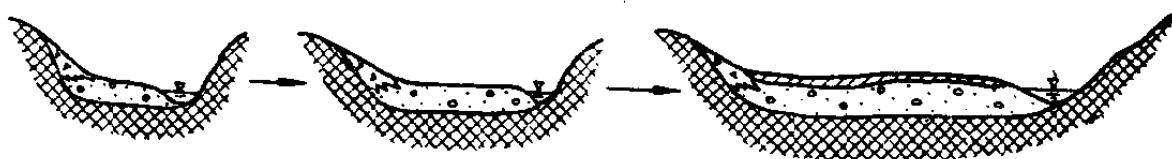


图107 河漫滩形成过程示意图

(三) 河流阶地

由于河流下切(即垂直侵蚀)使河床及河漫滩部分高出一般洪水期水位以上，呈台阶状分布在谷坡上的地形称阶地。引起河流下切的主要原因是地壳上升的结果。

阶地要素如下(图108)：

阶面：即原始河床或河漫滩现代洪水不淹没的平坦面。

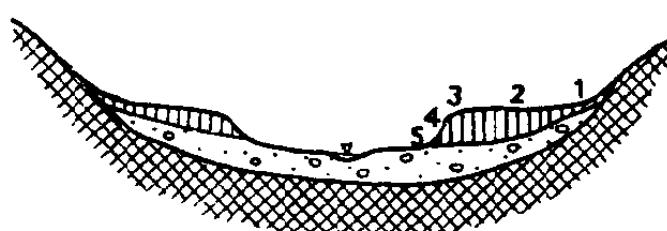


图108 阶地要素

1. 阶地后缘； 2. 阶面； 3. 阶地前缘； 4. 阶地陡坎(又称阶坡)；
5. 阶地坡脚。

阶地后缘：为阶面与谷坡(或与高一级的阶地陡坎)的交线。

阶地前缘：又称眉峰，是阶面与阶地陡坎的交线。

阶地陡坎：又称阶坡，是联结两个阶面(或最低一级阶面与河漫滩)的斜坡。

阶地坡脚：又称外缘，是高一级阶地的阶坡与低一级阶地的阶面的交线。高阶地的坡脚同低一级阶地的后缘是重合的。

此外，阶面的倾斜情况、阶面与河水面的高差以及阶地在顺河流方向的变化等，也是阶地形态测量的重要标志。

阶地的结构一般类似河漫滩二元结构的特点，但也常是比较复杂的。在近斜坡地带，常见到坡积物及冲积物的交互堆积。

现将河流阶地与河漫滩相互关系表示如图109。

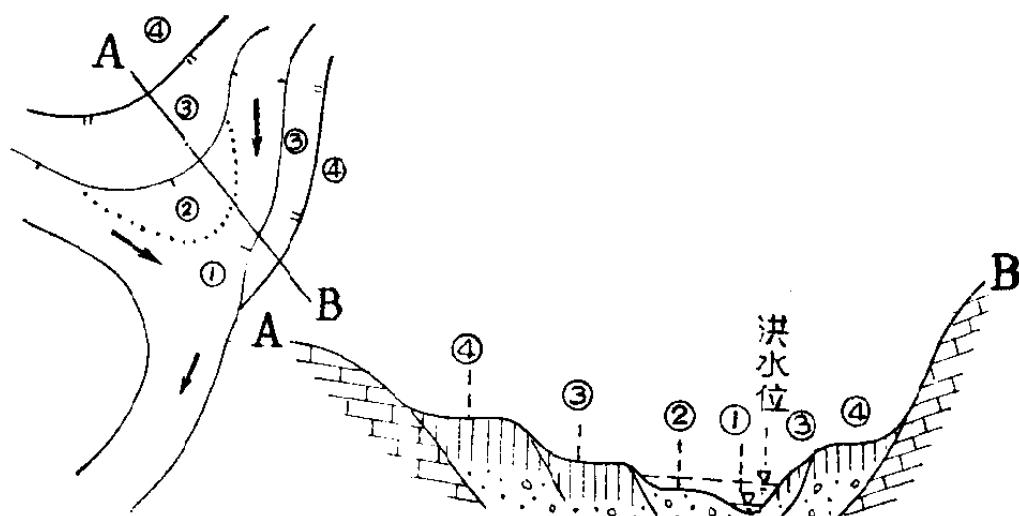


图109 河流阶地与河漫滩平面、剖面示意图

①河床；②河漫滩；③一级阶地；④二级阶地。

山区阶地类型较多，常见的有：

侵蚀阶地：在地壳强烈上升区，经较长一段时间稳定后又迅速上升形成。特征是阶面宽度不大，变化大，明显地向下游倾斜，基本上没有或有很薄的冲积物，常见的是经过河水搬运

的砾石；阶坡常为陡坎，基岩裸露。若阶面上冲积层较厚时，又称基座阶地或侵蚀基座阶地(图110)。

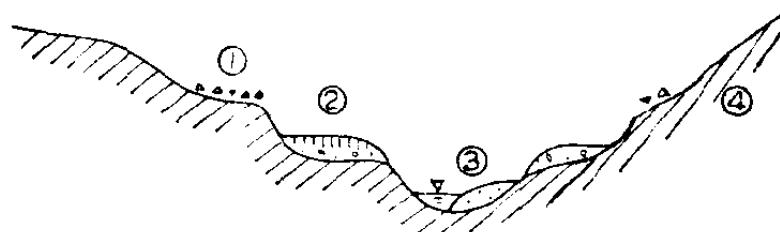


图110 侵蚀阶地示意图

①侵蚀阶地；②基座阶地或侵蚀基座阶地；③河床及河漫滩；
④基岩。

嵌入阶地：在地壳不断地间歇上升情况下，河流下切一次比一次深，但下切深度小于堆积厚度，使河流后期的冲积物嵌入到前期的冲积物中形成的阶地，阶坡不出露基岩(图111)。

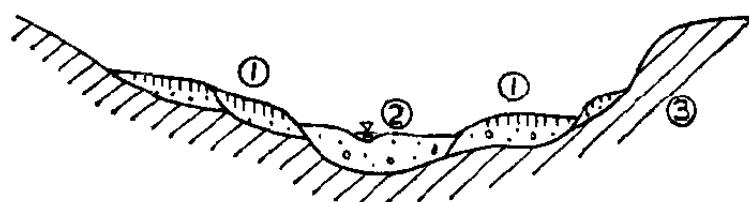


图111 嵌入阶地示意图

①嵌入阶地；②河床及河漫滩；③基岩。

内迭阶地：新的阶地于老的阶地内，但每一次新的侵蚀作用都只切到前一次基岩所形成的谷底。阶地范围一次比一次小，厚度也一次比一次薄的阶地(图112)。

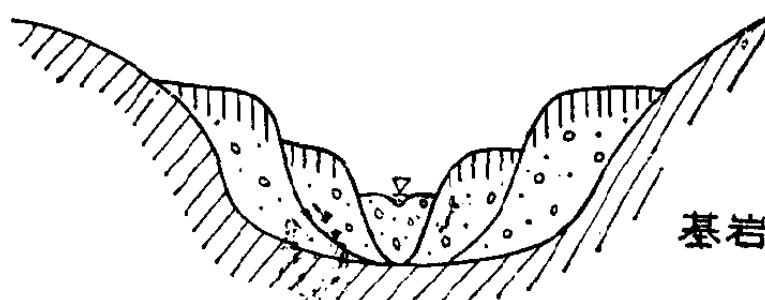


图112 内迭阶地示意图

上迭阶地：新的阶地座落在老阶地上，冲积物的厚度和范围都比老阶地小（图113）。它反映地壳的上升运动逐渐减弱，每次河流下切侵蚀都未到原来的基底。这种阶地在山区是比较少见的。

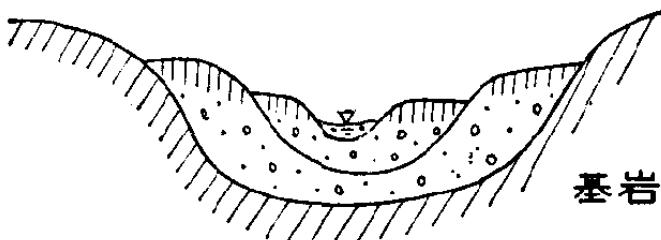


图113 上迭阶地示意图

上述几种阶地中，侵蚀阶地和基座阶地上常只有薄层第四系覆盖，因厚度小，不易富水；而其他阶地比较有利埋藏地下水。不过早期形成的阶地和后期形成的阶地条件又不一样。嵌入阶地常是老阶地比新阶地富水差，而上迭阶地则正好相反。由于后者少见，故山区河谷地下水主要在河漫滩和低级阶地中赋存。山区河流阶地是复杂的，在河流的不同地段，不仅有阶面宽窄的变化，还有阶地类型的转化等，阶地中的地下水更是变化多端，所以需要深入调查，认真对待。

除山间河谷的河漫滩、阶地堆积物外，在山间盆地或山前沟谷出口一带，或者是沟谷出口与较大河谷交汇处，常因水流迅速减缓、携带的泥砂、砾石大量沉积，形成上游物质颗粒粗、下游逐渐变细的扇状或锥状地貌形态，称冲（洪）积扇或冲（洪）积锥。当分布面积大、补给条件好时，也可埋藏丰富的地下水。

二、找 水 方 法

在山间河谷范围内，地下水（主要为孔隙潜水类型）循环较为复杂，虽然总的趋势遵循着河谷底部总的倾斜流动，但河

谷范围内某一地段上可以有几处相对独立的特殊地下水水流补给潜水。另一方面，河谷潜水、基岩裂隙潜水与地表水之间尚有互相补给渗透的复杂关系。山间河谷时宽时窄，水流时隐时现，或者中途突然消失。雨后山洪激流而下，大量巨石泥砂随同而来，雨过天晴，水骤减或中断。有时在浑浊的河水中突然出现清流等现象，都直接影响着河谷潜水的形成。

埋藏在河谷砂砾石层里的潜水，受地表水的补给，开采时常常可以增大河水的渗透，所以，单位厚度的含水层出水量较大。河谷潜水的分布，与河谷地貌有很大的关系，它不但决定着地下水的补给迳流，而且还能反映出地下水的分布及埋藏条件，工作中在考虑岩性和地质构造条件的同时，还必须注意地貌条件与地下水的关系。

(1) 一级阶地宽又平，二元结构好成井

由于地壳的上升运动，河床在河谷中摆动和弯曲，造成了

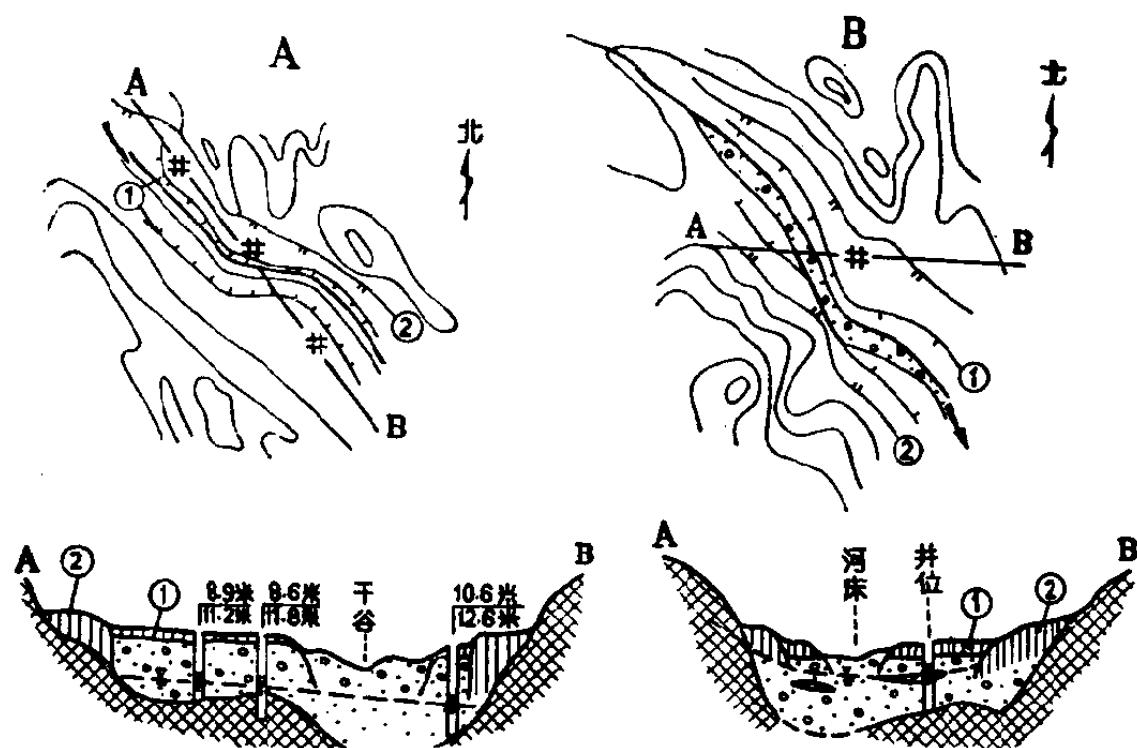


图114 山间河谷阶地地下水开采平面剖面示意图

①一级阶地；②二级阶地。

阶地分布的不均一性。阶地宽度由几米到几百米，甚至一侧发育，一侧不见。一级阶地在河谷中较发育，一般高出现代河床三米至十余米。剖面上的特征是具二元结构（表层为黄土状亚砂土等细粒物质，下层是砂砾石或较大的卵砾石），与现代河床、干谷中的砂砾石层有密切的水力联系。当河床中有经常性水流，或者经调查确知河谷中有潜流时，水量较大（图114）。须注意的是在沟谷较窄处，黄土直接覆于基岩之上，或者为高阶地侵蚀夷平而成，多不具二元结构，则无地下水贮存的场所，不易成井。

图114 A中的二级阶地为嵌入阶地，而且地下水位又于二级阶地堆积物之下，不利补给和贮存地下水，富水条件差。

图114 B基本上属上迭阶地，二级阶地下部的冲积层与河谷冲积层中的地下水互相连通，因此在靠近河谷部分的二级阶地上，也有比较丰富的地下水。

（2）河漫滩上卵石多，地下潜流似暗河

河漫滩主要是水流带来的卵砾石的堆积，其地下水与地表水关系密切，若地表水源充沛，河谷宽阔，堆积层厚，其成井条件好（图115）。

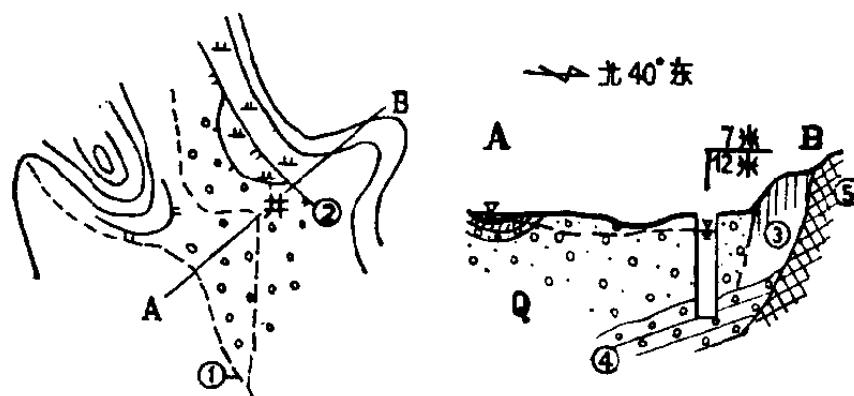


图115 东安阳村河漫滩砂卵石孔隙潜水分布平面剖面图

- ① 间歇性河流； ② 一级及二级阶地； ③ 黄土； ④ 砾岩；
- ⑤ 基岩。

(3)两谷夹一嘴，嘴下常有水

两谷交汇处，形成低平向下游倾斜的宽缓地带，谷间尖状突出处称嘴(图116)，这一地带由于二沟对此侵蚀和堆积，较一沟剧烈，通常情况下第四系厚度较大，颗粒粗，又可受到二沟地表及潜流补给，所以就河谷地貌而言，是有利于地下潜水汇集，当地下水位埋藏较浅或者沟中常有细小水流时，宜成井。图中2号井较1号井水量大2—3倍。上述嘴形堆积，必须是流水带来的物质堆积形成，务与基岩起伏所形成的嘴加以区别。

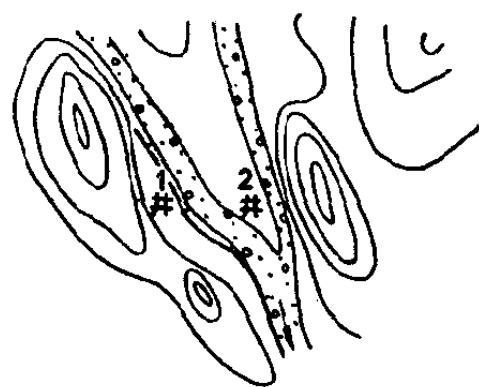


图116 刘各庄民井平面位置图

(4)山扭头、河谷弯，地下潜流不易干

在以页岩、泥岩、砂岩等隔水层或弱透水层为基底的河谷区，或者区域地下水位埋藏浅的条件下，这种情况常有利打井。这里分两种情况：一为河谷弯曲，山体阻水拦物，利于松散物堆积。潜流遇此受阻，流向改变，流速减慢，在坡降小、松散物厚度大的情况下，利于成井(图117)；二为河谷比较宽阔的地带，河床在河谷中弯曲，水流冲蚀凹岸，而在凸岸堆积了大量的砂砾，又因凸岸近于河谷的中间地带，也有利于地下水

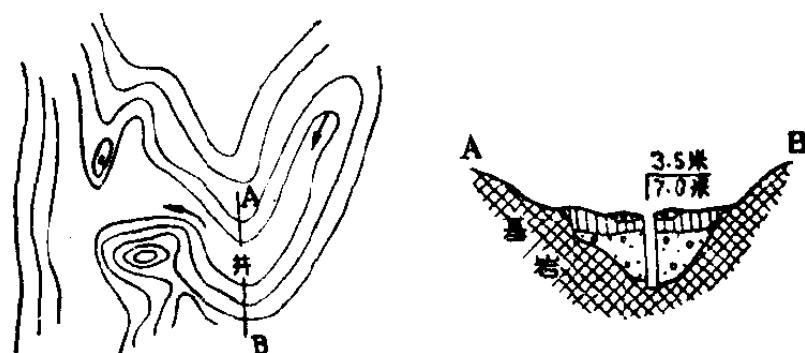


图117 淋间村井平、剖面示意图

的补给，所以在凸岸上游处较宜成井。

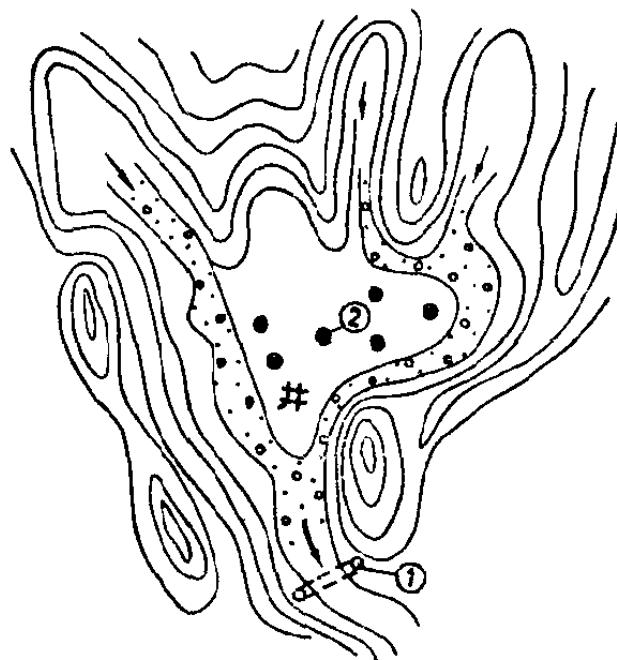


图118 西阳村截潜流平面位置图

① 截潜流位置；② 表示宜成井部位。

潜流于山的出口窄处集中，截潜流可以获得较多的地下水。对于单独的一条谷地截潜流位置也应选在窄处，达到省工、收效大的目的。但是，下伏基岩为透水岩层，特别是我国北方，石灰岩常构成正地形（突出地面的山地），若与砂页岩互层时，在河谷中构成窄谷地段，当岩溶发育时即不利截潜流。

（6）冲积洪积扇，潜水充沛采方便

冲积洪积扇分布于山前河流的沟口或者流入山间盆地边缘，河流带来大量的砂砾，因地形变缓，流速骤减而堆积下来。近沟口物质粗，至冲积洪积扇的边缘逐渐变细，一般厚度十几米、几十米至几百米。在山前地带一般地下水埋藏较浅，水源丰富。尤其是在山前冲积洪积扇的中上部，地下水是十分充沛的。在山间盆地中的冲积洪积扇，找水时必须注意区域地下水位，当区域水位埋深小于冲积洪积扇含水层的埋深时，含水是比较丰富的。但在近山脚的扇顶部，由于纵坡大，水位埋藏较深，上部第四系常透水而不含水。对于规模小的洪积锥，

（5）两山夹窄谷，利于截潜流

山间河谷时宽时窄，如果上游地段汇水面积大；第四纪松散层较厚，地下有潜流存在且基岩为隔水岩层时，一般在河谷的较窄处，可以开挖松散层至基岩，筑坝截潜。如图118所示。三面环山，地表水流汇集于簸箕形洼地，只有一处外流，因此，大部

因沟小、第四系堆积物少、地下水补给源缺乏时，也不宜打井。

(7) 古河道被掩埋，地下水多宜开采

山区较大的现代河流，弯弯曲曲，由于河水流量不稳，加之两岸支流不断汇入，常常使河流改道和再堆积，被掩埋的河道旧址称为古河道。有时这种旧河道，在地表上常被留下踪迹，如串珠状小洼地，小水塘或喜水植物的连续出现等等。沿此线打井，常常可以获得较大水量。如山西省阳城高平某地在古河道打井便是很好例证，见图119。另如阳城岳庄大队在获泽河古河道中打一眼井深12米，水位2米，抽水降深9.2米，出水量达每小时240吨（如图120）。又如河北涞水县罗古台至



图119 山西阳城高平某地古河道分布平面图

镇厂一带，根据三级阶地面上有串珠状槽形洼地分布，现代河漫滩中有丰富的水源来判断，在高出现代河床20多米的三级阶地下埋藏有含水丰富的古河道存在，布井数眼，已施工的几眼深50—60米，每小时出水量都在50吨以上（图121）。

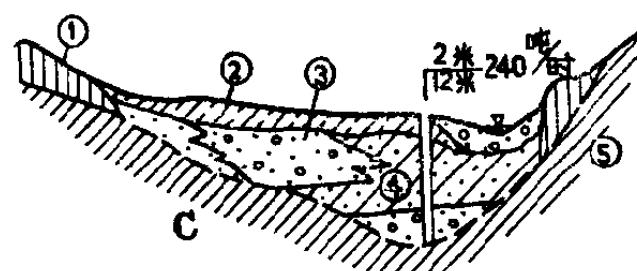


图120 岳庄大队井地质剖面图

- ① 黄土状土； ② 亚粘土； ③ 砂砾石；
④ 亚砂土； ⑤ 基岩。

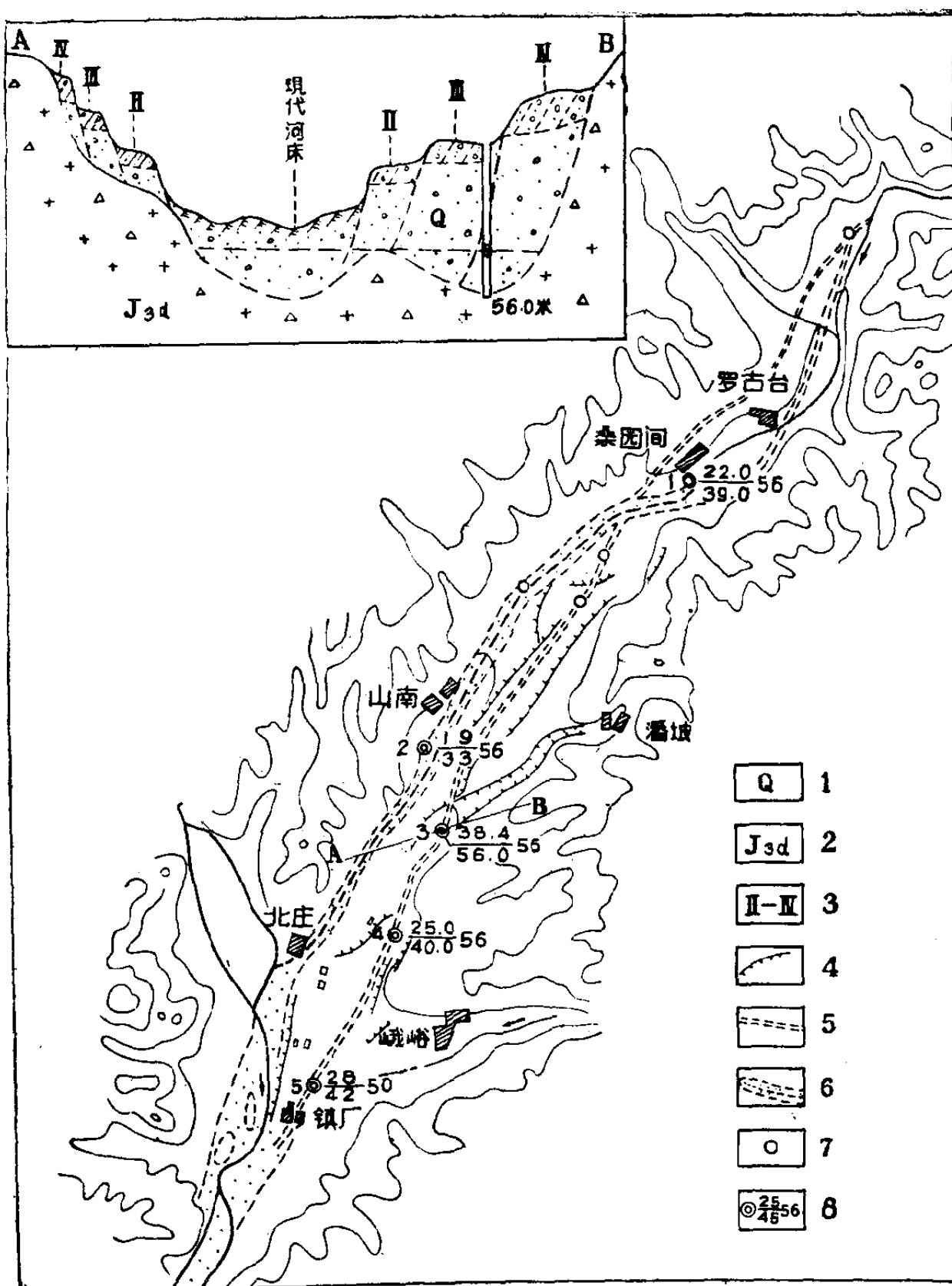


图121 罗古台—镇厂古河道平面、剖面图

1.第四系砂砾石及亚砂土；2.上侏罗统东岭台组流纹岩；3.二至四级阶地代号；4.陡坎；5.古河道；6.现代干河床及季节性水流线；
7.设计井位；8.已施工井位：编号 $\frac{\text{水位埋深(米)}}{\text{井深(米)}}$ 水量(吨/时)。

山间河谷地带的古河道埋藏较复杂，一般近代河床位置并不总是分布在较老河床之上，除其自然改道外，近代还有人工改造河流的现象（如拦堤造田）。因此在寻找古河道时，必须与贫下中农结合，深入调查研究，有条件时还可配合物探工作，帮助判断分析古河道的位置和富水情况，选择有利部位开采古河道中的地下水。

第五节 利用泉及其他标志寻找地下水

一、利用泉寻找地下水

泉是地下水的天然露头，即地下水在一定的水文地质条件下涌出地表的自然现象。

泉，在山区出露较平原地区多。这是由于山区地形起伏悬殊，更有利于含水层出露成泉的缘故。

泉，对于缺水山区来说是十分宝贵的。这不仅是泉水本身可以直接利用，而且通过仔细研究一个地区的泉，还有助于查明该地区的水文地质条件以及概略判断地下水的来龙去脉。

（一）泉的分类

我国幅员广大，有很多有名的泉水。如山东的趵突泉，山西的晋祠泉、娘子关泉，河北的黑龙洞泉，河南辉县的百泉，云南大理的蝴蝶泉，四川重庆的北温泉等，涌水量都很大。

对于找水来讲，研究泉水出露原因，查清地质构造条件以及与地下水的相互关系，则具有十分重要意义。为此，现将在山区或山前地带常见的泉水出露水文地质条件表示于图122中。

从图122可以看出，每个泉水露头都综合地反映了一定的

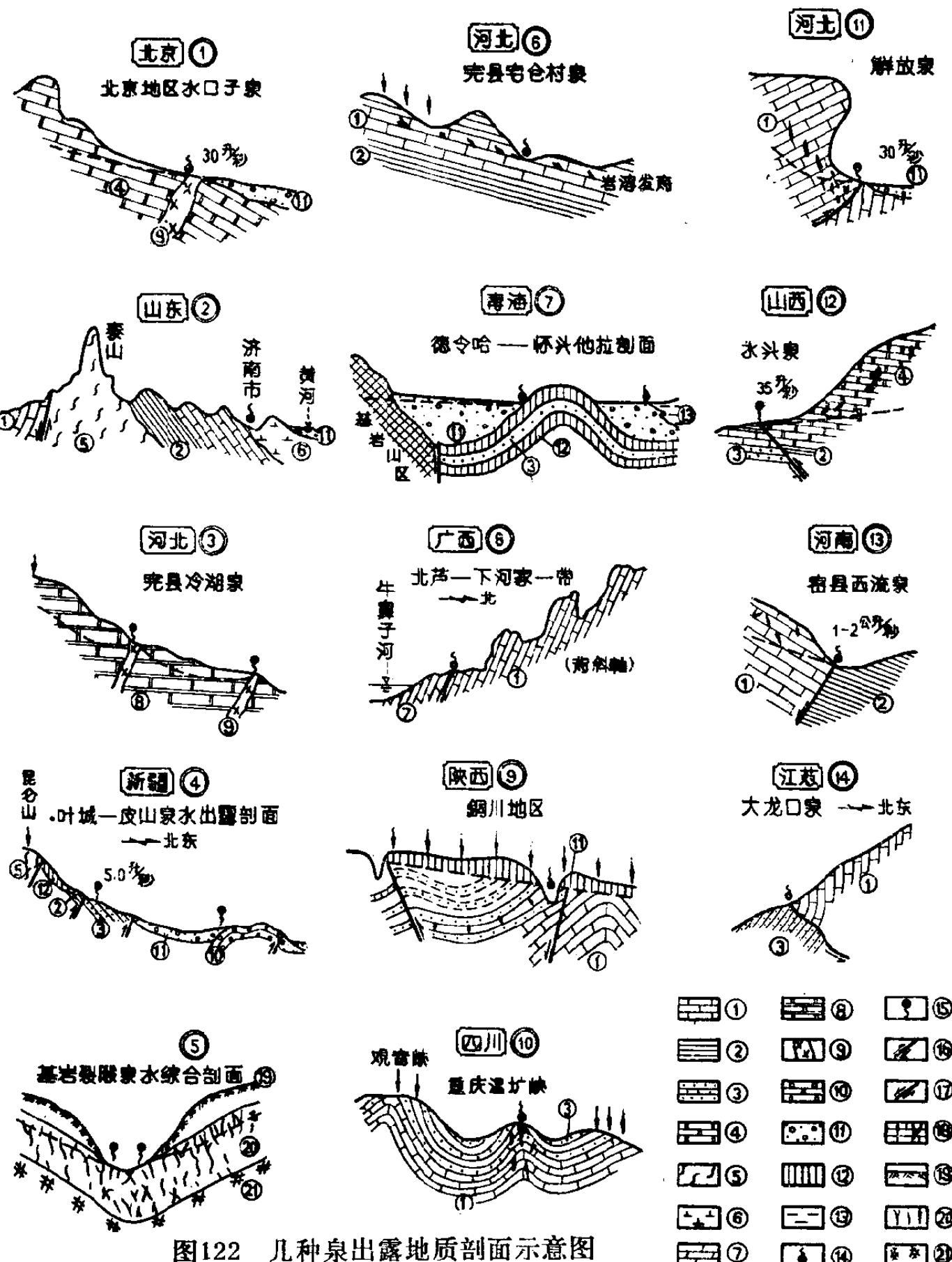
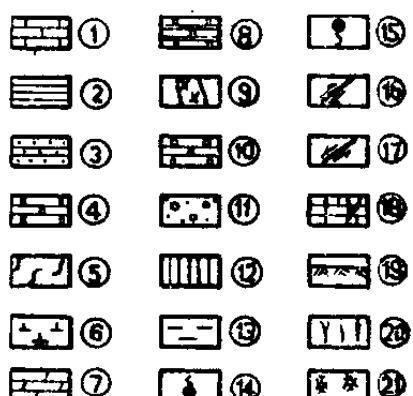


图122 几种泉出露地质剖面示意图

①灰岩；②页岩；③砂岩；④白云岩；⑤片麻岩及片岩；⑥闪长岩；⑦泥灰岩；⑧大理岩；⑨火成岩(包括岩脉)；⑩砾岩；⑪砂砾石；⑫粘土岩；⑬粘土；⑭上升泉；⑮下降泉；⑯逆断层；⑰正断层；⑱岩溶及溶蚀裂隙；⑲覆盖土；⑳基岩裂隙；㉑基岩。



地质及水文地质条件。归纳起来，泉水出露有如下几种情况：①、②、③、④、⑦号泉水出露的主要原因是，地下水在正常流动中遇见不透水的侵入岩体（或岩脉）和隔水层阻水，致使地下水流向由水平运动受阻，水位上升溢出地表成泉；⑤、⑥、⑨、⑩号泉水出露的原因为裂隙潜水含水层或岩溶裂隙承压含水层被地表水流切割露出地表而形成泉水，其中⑨、⑩两个泉水明显的反应出地下承压含水层的“顶托”补给形成上升泉；⑧、⑪、⑫、⑬、⑭几个泉则为断层阻水（多数为逆断层）而成；⑬号泉虽为正断层，本应导水性好，但其下盘为隔水页岩层，加之岩性较松软，断开过程中形成粉泥状重新胶结致密也

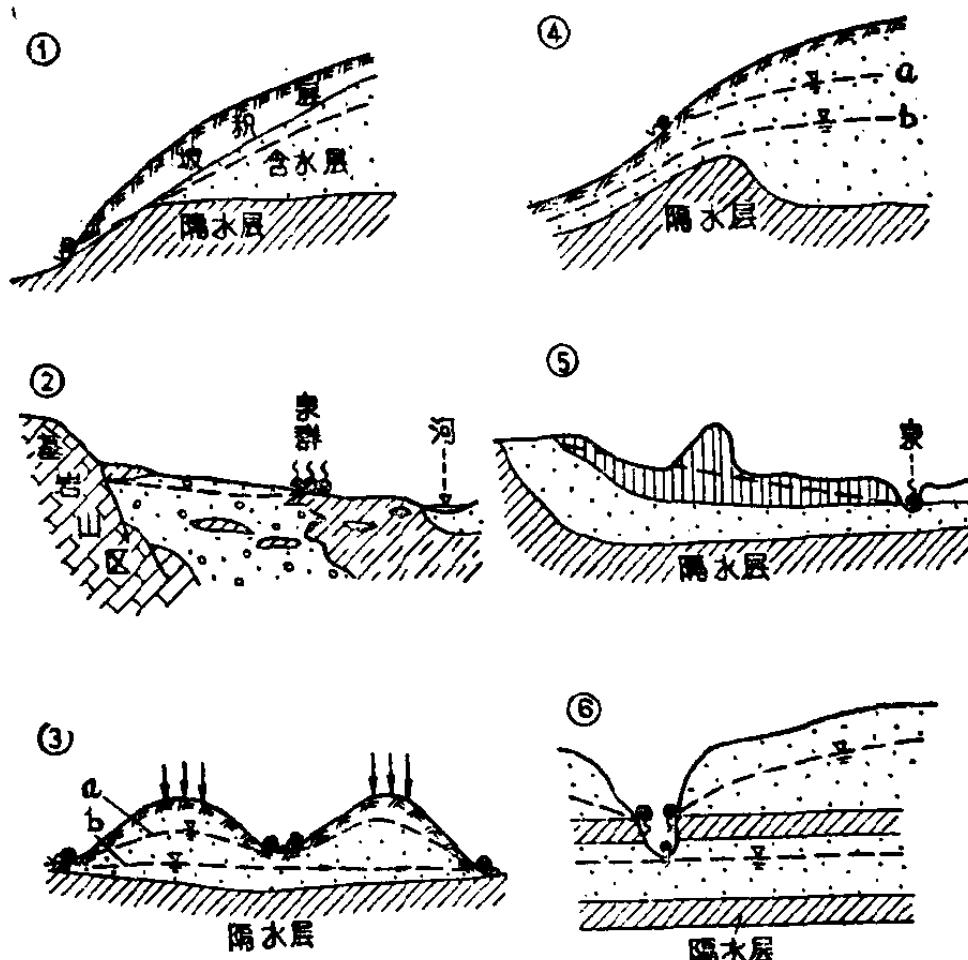


图123 山前及平原泉水出露地质剖面示意图

①山麓坡积层之泉水露头；②山前冲洪积扇前缘溢出泉群；③补给不同则泉出露情况不一；④隔水层不平坦时之泉水出露；⑤承压含水层被切穿而出露上升泉；⑥大型沟谷旁不同标高下降泉；
a—丰水期水位；b—枯水期水位。

起阻水作用成泉。当然，泉的出露还有其他原因，在调查中，必须弄清泉水的由来，才能达到合理利用的目的。

图123所示的几种泉水出露地质剖面，是山前及平原地区常见的几种情况，其成因参阅图上说明。

上述各种条件下形成的泉，按泉水流出的形式和特征分类，可以分为下降泉和上升泉。下降泉多以上层滞水和潜水为补给来源，一般出露特征都反映为潜水和上层滞水的动态特点，即在重力的作用下自然地流出，其动态受气候影响较大，水量随季节而变化。上升泉以承压水为泉源，动态受气候影响较小，一般较稳定。由于承压水具有一定的水压力，所以在泉水出露的地方多少带些气泡或水压作用，使水或泥砂象开锅一样地往上翻滚，这种泉流量多数稳定，是山区找水的重要线索。

泉水出露，在时间上有的长期流出，有的间歇性流出，以此分类，又可把长期流出的叫作永久性泉，间歇流出的叫间歇性泉。永久性泉一般源远流长，水量较丰富；间歇性泉一般泉源有限，水量较少。

关于泉的分类，从不同角度出发，有不同的分类，分类十分复杂，名目繁多。除上述分类以外，还有如由侵蚀作用使含水层出露成泉的称侵蚀泉；由断层切割含水层出露的泉称断层泉；由不同岩性的接触使含水层中的地下水被阻而出露的泉叫接触泉；出露于基岩中的泉称基岩泉；出露于第四系松散层中的泉称第四系孔隙泉；出露于岩溶中的泉称岩溶泉；沿裂隙出露的泉称裂隙泉；水温比一般泉水温度高的称温泉；含有特殊矿物成分或某种矿物成分含量高的泉称矿泉等。实际上在野外见到的泉，并不是某一分类命名方法所描述得清楚的，常是综合分类命名，以反映泉的成因条件。如断层上升泉，就反映出由断层作用切穿了承压含水层，承压水沿断层破碎带

上升而形成的泉；又如侵蚀下降间歇泉，它反映出由侵蚀作用切穿潜水或上层滞水含水层而形成的泉，泉水随季节变化，旱季无水。这样对泉进行描述调查，就有助于对泉的认识和利用。

(二) 利用泉寻找地下水的方法

泉是寻找地下水的重要标志。但在利用泉水寻找地下水时，需要进行下列工作：

① 观察泉的出露状态，判断泉的成因性质，是上升泉还是下降泉？凡是上升泉，水承受一定压力向上翻涌，同时在泉底部常往上冒气泡，并且多于冬季在泉水处有汽雾，如果泉眼在第四纪松散层中，则有从泉底往上翻砂现象；下降泉则是水自然地向外流淌。

② 测量泉的水量、温度，访问水量、水温变化情况。一般上升泉水温和水量比较稳定，受气象因素的影响不太明显，而下降泉正好相反。永久性泉终年不干，间歇性泉只在丰水季节或丰水年出现。

③ 调查研究泉水出露的地质、地貌条件，访问附近与泉水有关的井、坑、塘、洞、钻孔水位、水量变化情况，分析泉水出露处的岩性和所属层位，地质构造条件。

通过观察、测量、访问、分析判断后，对于泉的来龙去脉有了较清楚的、准确的认识，在此基础上，我们就可以寻找或开采与泉水有关的地下水，或者直接开发泉水。

以下介绍几个利用泉水特征寻找地下水的实例：

① 河北省涞水县中水东村，贫下中农根据村东南泉水的动态变化和出水位置的岩性、植物生长情况，在山梁上打出了大口径井，井深仅7米，每昼夜出水达2000多吨。该处泉水为一煌斑岩墙阻截地下水形成，岩墙位于村东山梁的西侧，宽

约40米，走向北30°西，倾向西南，倾角70°—80°，延伸达12公里。此岩墙阻截了东北方向的震旦系雾迷山组白云岩层中的构造裂隙水和裂隙岩溶水，汇集于岩墙与白云岩接触带，然后在地势较低的东南一带溢出成泉，流量虽然不大，但常年不干，并在泉水西北不远的地方（岩墙东侧），有芦苇等喜水植物生长。据此，广大贫下中农在大队党支部的领导下，发扬了天大旱、人大干的革命精神，在泉水附近打出了一口好井，使清清的水流灌溉着久旱的土地，粮食获得丰收（图124）。

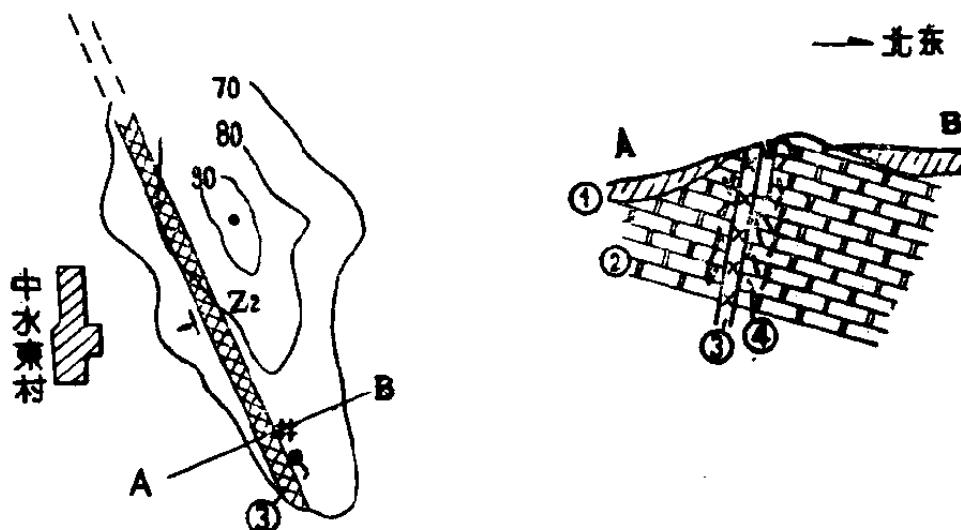


图124 中水东村利用泉水开挖地下水实例平剖面示意图

①第四纪松散层；②白云岩；③岩墙；④岩墙旁侧裂隙及蚀变带。

② 山东省千佛山北坡东门一带的自流水，就是根据黑虎泉泉水的特点找到的。黑虎泉具有上升性质。泉水出露处有第四纪松散层覆盖。在其下部的奥陶纪石灰岩中，有一火成岩侵入体，岩石致密坚硬、不透水，使山区补给来的地下水受阻，水位抬高至地表成泉。依此推知，东门一带在火成岩体的下部石灰岩中赋存有丰富的地下水，经过打井实践，在东门一带确实找到了丰富的自流水（图125）。

③ 河北省易县狼牙山下的北娄山至山西村一线，为一北东向压扭性断层带，断层带内构造岩由糜棱岩、断层泥和断

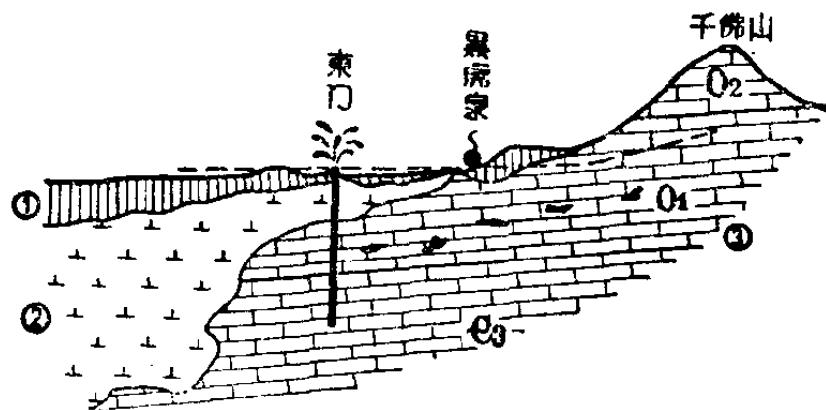


图125 利用黑虎泉寻找东门一带侵入自流水示意剖面图

①第四纪松散物；②火成岩体；③石灰岩；O₂、O₁ 奥陶系中、下统，
C₃寒武系上统。

层角砾岩组成。西北盘为震旦系中统雾迷山组白云岩组成高山峻岭，东南盘为寒武系紫色页岩和灰岩、页岩夹灰岩构成的山间槽形谷地，表层覆盖第四系坡积亚粘土和冲洪积砾石、亚砂土层。地下水自西北向东南运动，遇断层阻水，分别于山西村和北娄山村两地的断层西北盘出泉，泉水终年不干。过去因第四系覆盖，对断层不易辨认，根据对泉水的详查和研究，认识了断层的存在，判定泉水是因为断层阻水造成，并于1971年首先在北娄山泉水露头处打一井，深66.3米，水位下降4.5米，每小时出水150吨，到雨季井水自流。此井成功后，又在南娄山、西步乐等村连打几口井，井井成功(图126)。

④ 太行山中段寒武系中统张夏组鲕状灰岩、下寒武统馒头组和毛庄组顶部黄色泥灰岩含水层的认识，就是根据出露泉水推断出来的。通过对此含水层的认识，在解决山区人、畜饮水和农田用水方面起了很大作用。河北曲阳县李家洼、东口南、西口南等地，都是开采下寒武统泥灰岩或泥质白云岩层中的地下水，解决了当地人、畜饮水和播种用水问题的。如西口南村羽毛沟大口径井，深21.5米，旱季水位埋深20.5米，每昼夜出水近百吨。在丰水季节水位上升，地下水埋深仅3.5

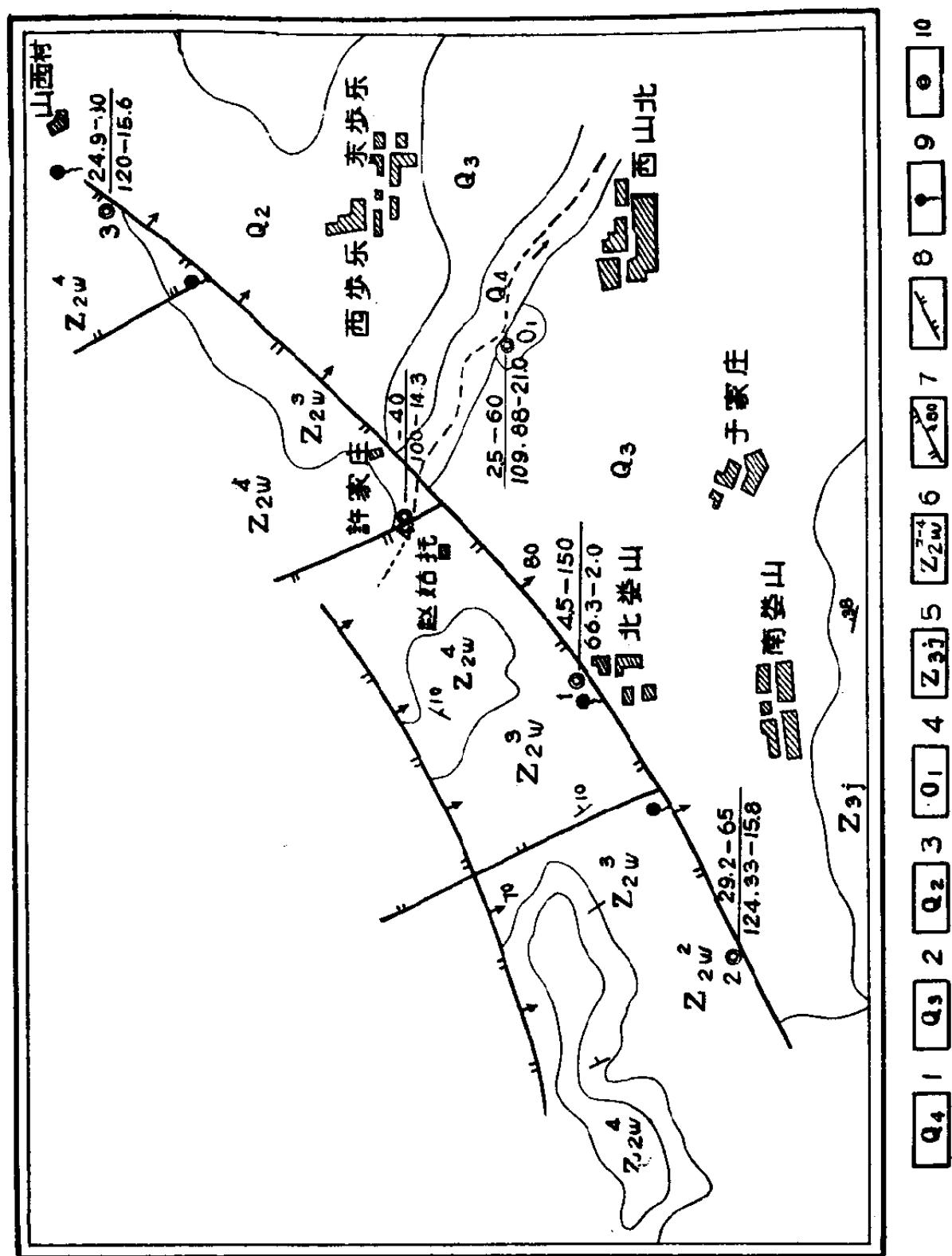


图 126 河北易县北娄山至山西村机井、泉平面位置图

1.全新统冲积砂砾石层；2.上更新统冲洪积黄土状亚砂土夹砾石；3.中更新统坡残积亚砂土；4.下奥陶统石灰岩；
5.上震旦统景儿峪组砂岩夹页岩；6.中震旦统雾迷山组2—4段燧石条带白云岩；7.压扭性断层；8.性质不明断层；
9.下降泉；10.机井编号
降深(米) — 水量(吨/时)
井深(米) — 水位埋深(米)

米(图127)。

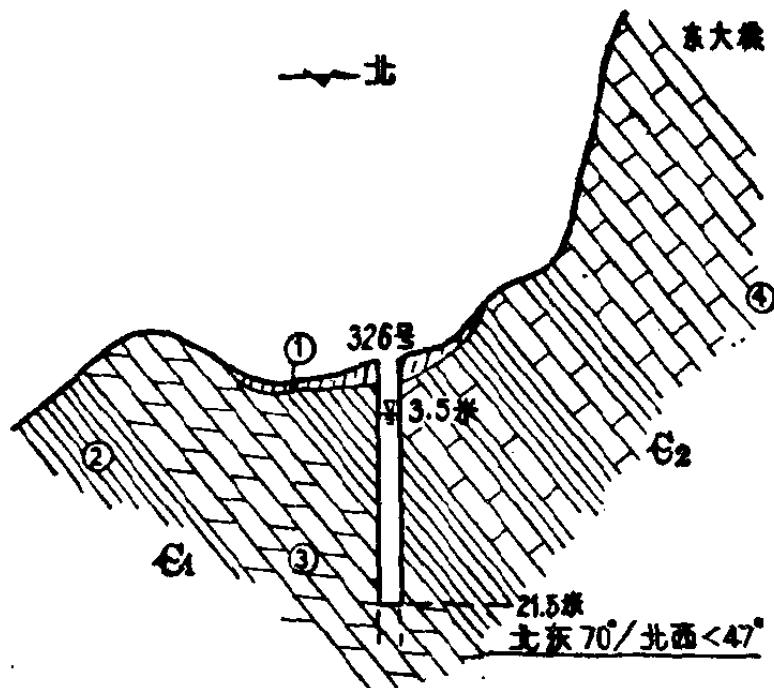


图127 西口南羽毛沟井地质示意剖面图

①第四纪松散层，②页岩，③泥质灰岩，④石灰岩，C₁寒武系下统，C₂寒武系中统。

另外，对于白垩纪和石炭—二迭纪地层中的层间裂隙和裂隙岩溶含水层的认识，也是利用地下水的天然露头和人工开挖的井(孔)而推断出来的。

⑤ 山西省某地的泉水与滑坡体有关。由于组成滑坡体的岩石经过位移，一般都比较破碎，加之滑坡后缘切断了含水岩层，含水层中的地下水便渗入滑坡体中，又顺滑坡面一带流出成泉。从而山西水文地质队在找水中总结出“滑坡半个圈，有水在里边”的规律(图128)。如果滑坡体的规模较大，构造上利于储水和被滑坡体切割的含水层中地下水比较丰富，在滑坡体趋于稳定的情况下，是可以选择适当部位打井的。

从上述资料可以看出，利用泉寻找地下水是一项复杂的工作。一方面既要利用泉的出露综合判断水之由来；另一方面又要以此选择较为理想的井、孔位置(这种井孔位置的具体

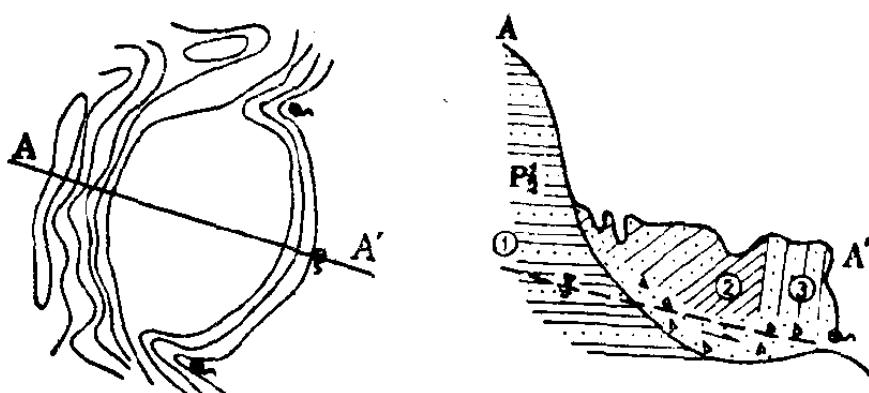


图128 滑坡体底部地下水分布平面剖面图

①砂、页岩互层；②页岩；③砂岩。

选择方法，基本上和沉积层、火成岩、变质岩地区找水方法相似）。特别是对于厚度不大的层间含水层，虽然有泉水证实其含水，但在选择井位时，除注意所处的构造部位外，对含水层的相对稳定性也要予以重视。

对于扩泉也是如此，如不查明泉的出露原因，不可随便扩泉。图122中的①②④⑧⑨⑩⑫⑭以及图123中的②号泉等，可在其阻水的岩脉、相对隔水层或阻水断层的上源打井、扩泉，往往能够获得较好的效果。但在实际工作中，往往因第四系覆盖露头不清，或者只能看到局部的假象未掌握形成泉的主要原因，造成工作上的损失，甚至把原来的泉水七扩八扩反而没有水了，或者水量不增，这是值得注意的。

(三) 不适宜扩泉的几种情况

1. 斜坡或坡地中范围不大的平地上，覆盖有厚度不大的第四系堆积层，降雨渗入至基岩或风化残积红土层时，由于透水差受阻，地下水沿接触面运动，当基岩突起或沟谷冲蚀，常可溢出地表成泉。在山坡脚地带的坡积层中也有类似泉水出露。由于第四系覆盖层厚度、分布范围有限，加之有利排泄，只是在雨后或丰水期才有泉水流出，有的时间也较长，但到旱

季常断流，这种泉水是不适宜扩泉的。

2. 在含水条件较差的片麻岩、花岗岩和页岩、砂岩等大面积分布的地区，地下水主要存在于风化层中，当沟谷切割时，沿风化层与下伏完整或较完整基岩的接触带常有泉水出露。泉水一般延续时间较长，但流量都很小。这类泉水经扩泉后，水量增加无几，效果不好。但是可以在适当部位扩挖与围塘蓄水相结合，以便集中使用。

3. 透水的灰岩、白云岩层中，时有薄层页岩、泥质白云岩等相对的隔水夹层或透镜体，其上常有地下水活动，特别在缓倾单斜岩层地区，有利地下水留存或地下水运动滞缓，当隔水夹层在山坡出露或沟谷切割时，常沿接触带有泉水露头，有的雨后或旱季断流，也有的常年不干，流量一般不大。此类泉水不宜扩泉，更不能挖透下伏隔水岩层，否则水可漏失，只可利用有利地形围塘蓄水。

4. 山坡上因火成岩脉穿插阻水形成的泉水，有的由于补给源小，水量不大，为季节性泉水。这类泉水也是不适宜扩的。只有在极缺水的山村，为了解决饮水问题，在不挖透隔水岩脉的前提下适当扩挖。如河北涞源县南阳峪村，在泉子沟沟坡宽1.5米的岩脉上游侧原来泉水出露的白云岩挤压破碎带中开挖一井，深3米，日出水量三十余担（图129）。

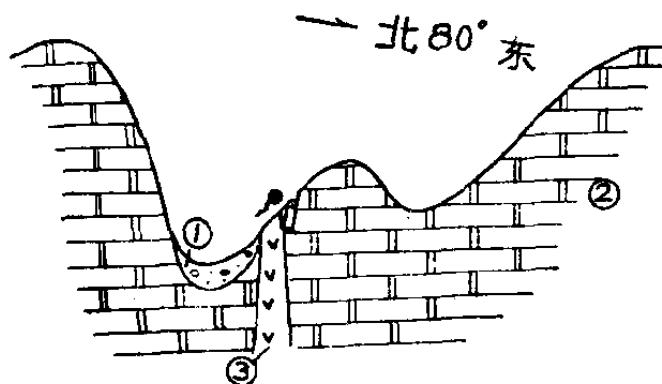


图129 南阳峪泉子沟井剖面示意图

①第四系坡积层；②震旦系白云岩；③岩脉。

上述不适宜扩泉的泉水，都是靠降雨补给，而且补给面积小，源小途近，群众称它们为空山水或称浮水。虽然扩泉效果不好，但需因地制宜地维护或围塘蓄水充分利用。

二、利用其他标志找水

在自然界中，有些动物的活动、植物的生长以及某些自然物理现象，常与浅部地下水的存在密切相关。在找水工作中，这些现象常给我们提供一定的找水线索。利用这些线索，有的地方也找到了地下水。但由于这些现象只标志着离地表不深的地方潮湿或可能有水，还不能表明其水量大小，为什么有水？是否可供利用？所以，不能作为找水的唯一依据。根据这些标志，再结合其他找水方法的分析判断，从而了解地下水的来源、水量大小，然后再决定其开采利用的可能性，这是在利用这些标志找水时需要注意的。

（一）根据喜水喜湿动物的活动规律找水

1. 蚂蚁喜欢在地面潮湿处筑窝造穴，因此在蚂蚁洞穴成群的地方，地下浅部可能有水。

2. 青蛙和蛇等喜水动物经常活动或冬眠的地方，地下可能有水。因为地下浅部有水，地面潮湿，冬季相对温暖，夏季凉爽，适宜这些动物活动和越冬。

3. 夏天的傍晚，蚊虫喜欢在凉爽湿润的地方聚集，飞旋成群，盘旋呈圆柱状，这些地方地下浅处也可能有地下水存在。

4. 大雁、小燕等候鸟栖息的地方，除地表水体外，常是泉水流淌的地方，也可做为找水参考；若在沙漠地区找水，此种现象具有重要的意义。

(二)根据植物的生长分布找水

1. 经常有芨芨草、芦苇、柳毛子、三棱草等喜水植物生长的地方，一般地下都能有水。所以在群众中有“草木茂，水必旺”的说法。

2. 春季树木(尤其是柳树)发芽早，秋季落叶晚，大旱也不干树梢、草木仍浓绿的地方，地下也常有水存在，埋藏不深。群众称做“树先绿，水必高。”

(三)根据与地下水有关的现象找水

1. 冬季积雪晚，春季化雪早，夏季比其他地方凉爽的地方，可能有地下水。因为水的温度比气温变化要慢得多，在地下水离地表不深的情况下，对地表是有影响的。冬季相对气温较高，夏季较低，出现冬暖夏凉的现象。

2. 冬季在地裂缝里有白霜，地下不深处可能有水。因为，当地下不深处有水时，水气蒸发，在裂缝壁上凝结成霜。所以群众称“地裂有白霜，地下有水藏。”

3. 地面经常潮湿，旱季也不干裂，一般是地下有水的表现。

4. 在地上扣一个瓦盆，第二天打开看，若盆内是干的，则地下浅部无水，若盆内集满了水珠，则可能有埋藏不深的地下水。因为当地下水埋藏很浅时，夜间从地下运动上来，温度相对较高的水气遇瓦盆冷凝成水珠，故有此现象。

5. 在地下挖一个一米见方左右的深坑，在坑内点火烟试，如果烟气盘旋不散，则可能在地下浅处有水。

第六节 利用物探方法找水

在山区找水工作中，有时遇到需要布井的含水构造和富水部位被第四系覆盖，难以确定井位。这时，若用物探方法配合工作，常可取得较好的效果。

物探方法，是地球物理勘探方法的简称。它是利用仪器测定地下岩石物理性质（如导电性、磁性、弹性、密度……），再根据各种岩石物理性质的差异来研究地质构造和寻找有用矿床及地下水的方法。目前，物探方法有电法、磁法、重力、地震等。在山区找水工作中常用的是电法中的直流电阻率法。下面就将直流电法的原理、使用条件和所能解决的地质问题予以简单地介绍。

一、电阻率法找水的基本原理

电阻率法是以研究岩石的电阻率为基础的物探方法。不同岩石有不同的导电性，同一种岩石在不同的环境条件下，电

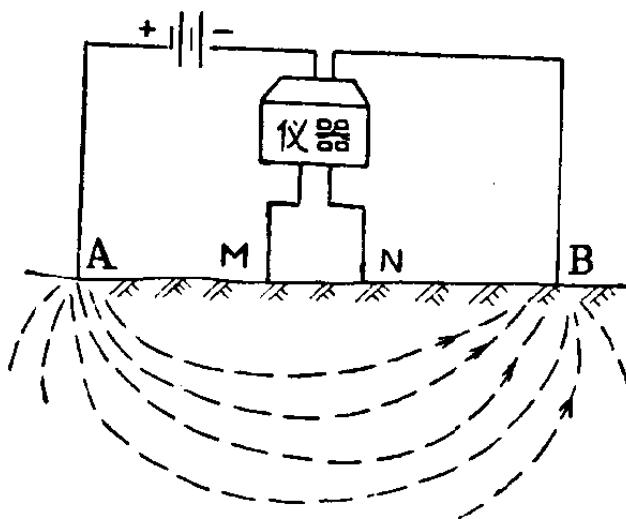


图 130

阻率又有所变化。因此，人为地向地下通入一定的直流电，造

成人工电场，用专门仪器（目前常用的有 UJ-4、UJ-18、DDC-2、JC-A 型等）测量岩石电阻率值在不同深度和水平方向的变化，以研究地下的地质构造情况，再从地质构造的分析研究中判断是否有蓄水构造或含水层的存在，以及其埋藏深度、分布范围、厚度等，从而达到找水的目的。测量装置如图130，从 A、B 两个接地电极将电流通入地下，形成人工电场，利用 M、N 两个测量电极测量电位差 ΔV_{MN} ，同时测量 AB 线路上的电流强度 I，计算视电阻率 $\rho_s = K \frac{\Delta V_{MN}}{I}$ ，式中 K 是装置系数，它与 ABMN 之间的距离有关，可按下面公式计算：

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN}}$$

通过上述装置，利用公式 $(\rho_s = \frac{\Delta V_{MN}}{I})$ 计算出的 ρ_s ，当岩层为无限厚的均匀层时，它代表岩层的真电阻率值 (ρ)。然而，一般情况下的岩层是不均匀的，其厚度也有限；地下岩层也并不一定就只有一层，而常是多层存在。因此，在这样的非均匀介质中测得的 ρ_s 值所代表的并不是那一层的真电阻率值，而是电流线分布范围内所有岩层电阻率的综合反映，故称为视电阻率值。寻找地下水就是通过 ρ_s 值在垂直和水平方向变化的分析实现的。

电阻率法按装置的 ABMN 四个极的布置和移动的方式不同，分电测深法和电剖面法两种。

当固定测点（即 MN 两极的中心），不断加大 AB 的距离 ($A \rightarrow A'$, $B \rightarrow B'$ ……) 测量时，则电流通入地下的深度将随之加大（图131），因而可测得不同深度岩层的 ρ_s 值，将 ρ_s 值绘制在双对数座标纸上，就可得测点处随深度增加而视电阻率

不断变化的曲线，根据此曲线来分析地下是否有含水层存在的方法称电测深法。此法常适合测量近水平的含水层(体)，解决含水层(体)的埋藏深度及分布范围等问题。按布极的方法不同，电测深又分对称四极测深、环形测深及三极测深等变种。

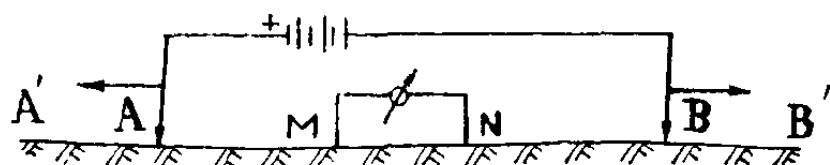


图 131

当固定AB间距，并保持AMNB之间的相对位置不变，沿着测线方向对各测点逐一进行测量 ρ_s ，并绘在厘米方格纸上，称为电剖面法(图132)。这种方法测得的 ρ_s 曲线，表示地下一定深度的岩石在水平方向上的电阻率变化情况。所以，对查明如断层、古河道，或产状较陡直、呈条带状分布的含水岩体较为适宜。电剖面法按电极的相对位置和移动的方法不同，也有很多变种，如对称四极法、联合剖面法、中间梯度法、偶极剖面法、五极剖面法等。每种方法都有自己的优缺点，可参考具体条件选用。

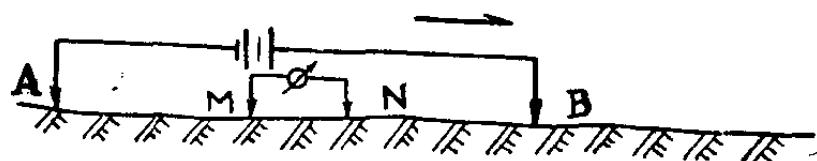


图 132

二、电阻率法找水的适用条件

电阻率法找水，并不是任何条件下都能利用的。特别是在山区，应用是有一定条件的。其效果在很大程度上决定于条件是否具备，条件有利效果较好，条件不利则效果差，不具

备一定条件的地方使用这种方法，就会得出错误的结果。下面概略叙述一下电阻率法使用的条件：

1. 被测目的层(体)与围岩具有明显的电阻率差别。常可遇到含水层或含水构造与围岩电阻率间关系有三种：

(1) 含水层或含水构造的电阻率高于围岩的电阻率，如粘性土层中的粗砂砾石含水层；

(2) 含水层或含水构造的电阻率低于围岩的电阻率，如完整岩石中的含水破碎带；

(3) 含水层或含水构造的电阻率与围岩的电阻率相差不大，如砂页岩等基岩上的第四系含水砂层。

上述①②种情况较有利于电阻率法勘探，原则上是差别越大效果越好。第③种情况则效果较差。

2. 被测目的层或构造具有一定的规模。由于测得的 ρ_s 值是电流分布范围内所有岩层电阻率的综合反映值，若被测物体规模很小，则它的作用就显示不出来，因此也就达不到测量的目的。

3. 被测目的层或构造体及围岩的电阻率在水平与垂直方向上都要有相对的稳定性。如果变化较大，测出的 ρ_s 曲线变化就不知道是目的层与围岩的差异引起还是其他变化引起，因此就不能鉴别出所要寻找的目的层或地质构造体。

4. 在目的层或构造体以上没有其他电阻率特别高或特别低的屏蔽层存在。因为这些特殊层的存在，干扰特别强烈，曲线难以辨认解释。

5. 地形宽阔平坦。地形坡度一般不大于 20° ，尽量避开陡坡、陡坎、沟谷，特别是极距较小时，地形的干扰影响更明显。做电测深时还要求下伏岩层的倾角小于 20° 。

6. 地下水位和被测目的层都要求埋藏较浅。因为电法的测量深度是随电极距的增大而加深的，山区地形条件受到

一定限制，当地下水位或被测岩层埋藏较深时，常因地形条件限制拉不开线而测量深度不够，得不到结果或得出错误的结果。

三、电阻率法在山区找水中的应用

目前山区找水工作中，在条件具备的地方，利用电阻率法勘探可以寻找古河道、含水的断层破碎带或裂隙密集带、岩脉、岩溶发育地段、勘测第四系松散覆盖层的厚度或基岩起伏情况。

(一) 寻找古河道

埋藏的古河道，常由砂砾石等粗颗粒物质组成，其电阻率往往相对高于两测的土层，可用电测深和电剖面法配合进行勘探。首先选用电测深在预测可能有古河道存在的地方进行控制性的测量，以了解覆盖层的厚度，然后根据测深资料选择

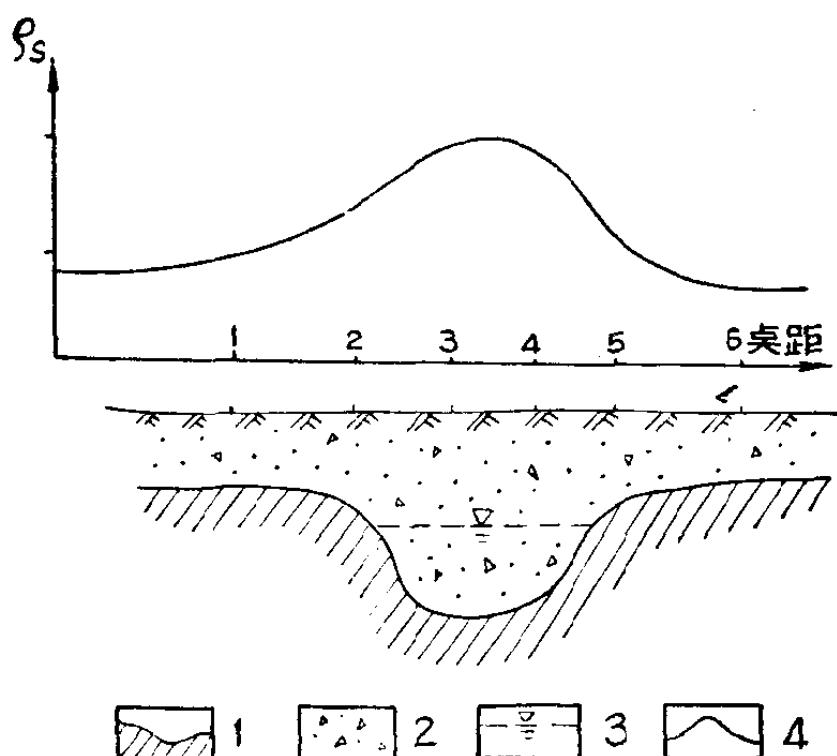


图133 对称四极剖面电测曲线与古河道剖面对比图

1.粘土；2.砂砾石；3.地下水位；4.电测深曲线。

合理极距作电剖面(对称四极),找出古河道的位置及宽度。作测深时,布极方向尽量与推测古河道平行;作电剖面测量时,布线方向尽量与推测古河道方向垂直,测量点距小于推测古河道宽度的 $1/5$ — $1/6$ 。

在对称四极剖面的 ρ_s 曲线上,古河道一般反映为高阻段(图133)。若把横切古河道的多条对称四极剖面测量资料作成平面剖面图,可以清晰地反映出古河道在平面上的延伸方向和分布范围(图134)。

当只用电测深法时,一般垂直于推测古河道布置2—3条测线,每条测线的点距视古河道的宽度而定,一般要保证在古河道内至少有三个以上的测点;布极的方向与推测古河道平行。测量结果作电测深曲线类型图或等视电阻率剖面图,确定古河道的位置和宽度(图135)。通过电测深的定量(对量板)解释,可求出古河道的砂砾石层厚度。

(二)寻找含水断层破碎带或裂隙密集带

含水断层破碎带或裂隙密集带,其电阻率常较围岩的电阻率低,同时其产状一般较陡(倾角较大),因此采用联合剖面法测量效果较好。当表层覆盖较厚时,首先在全区范围内控制性的做少量的电测深,了解各处覆盖层的厚度变化和各层

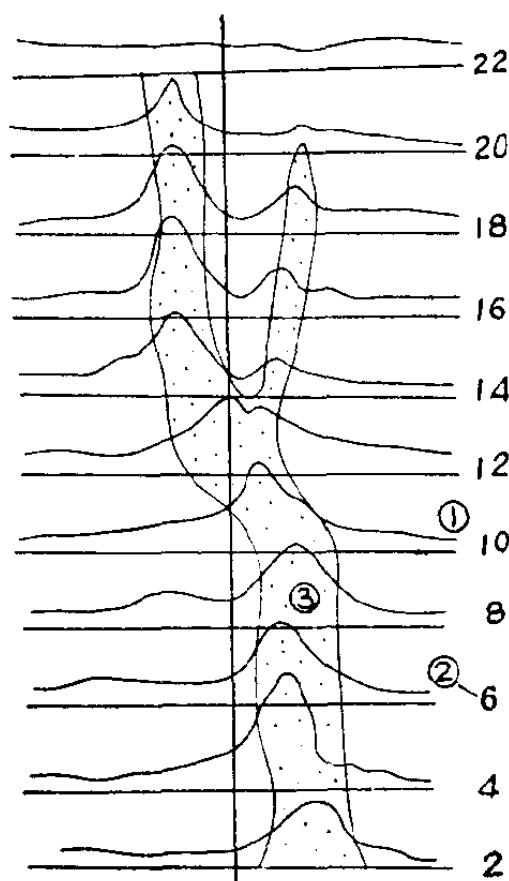
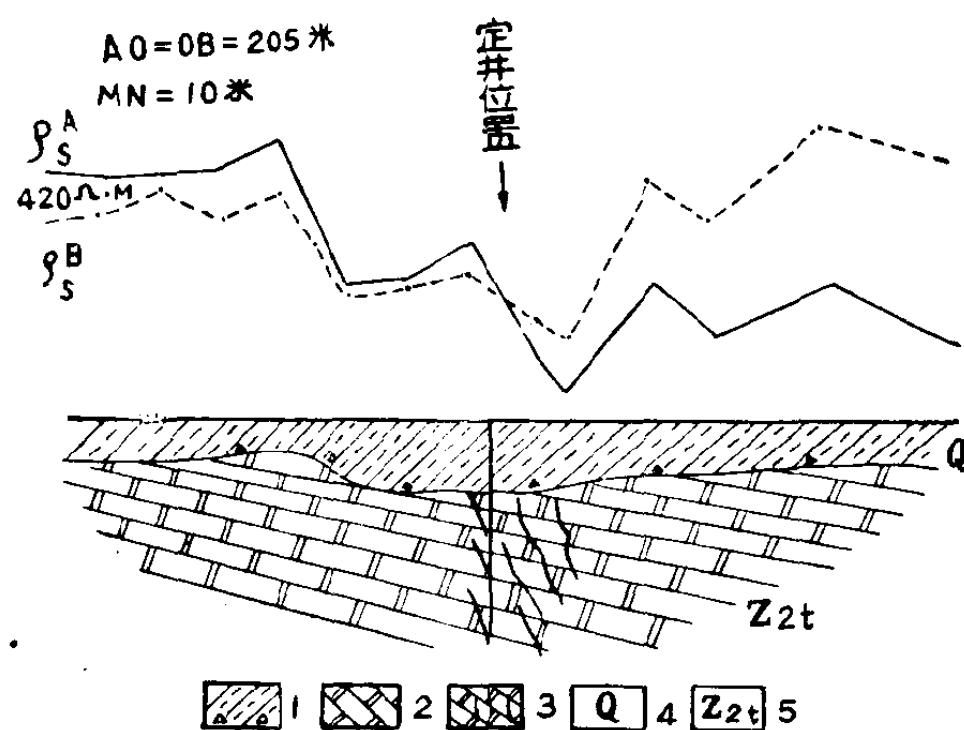
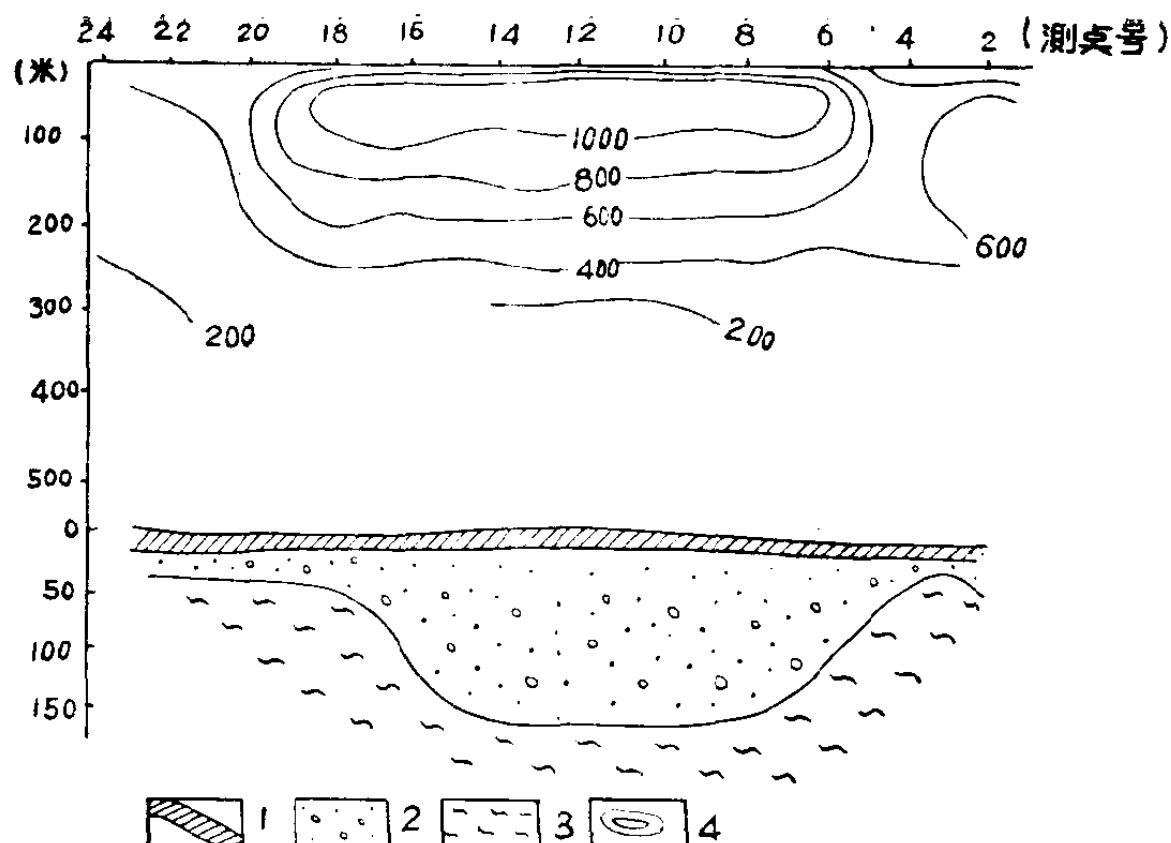


图134 ρ_s 平面剖面图

①电测曲线; ②测线及编号;
③电测推断古河道。



的电性特征，以此作为电剖面法选择适当的测网密度和极距大小的依据。布线方向与推測断层或裂隙带走向尽量垂直，点距也视其断层或裂隙带的宽度而定。含水断层或裂隙密集带，在 ρ_s 曲线上常反映为低阻的正交点(图136)，或是 ρ_s^A 与 ρ_s^B 同时下降，两者不相交。

当断层两盘岩性有显著的电性差异时，采用对称四极剖面法亦可取得良好效果。其高低分界处反映为断层的位置(图137)。

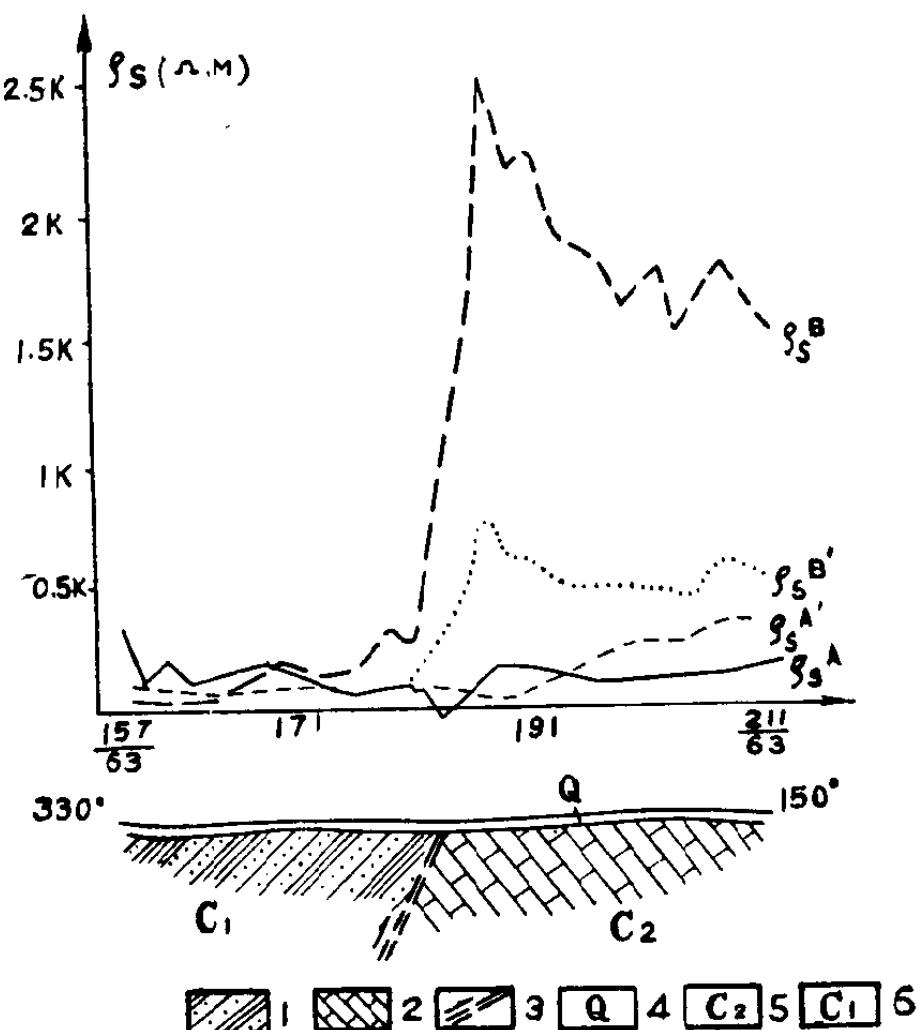


图137 联合剖面曲线与地质剖面对比图

1.砂页岩；2.灰岩；3.断层；4.第四系；5.中石炭统；6.下石炭统。

(三) 寻找岩脉

有两种情况：若岩脉本身裂隙发育，成为相对的含水带或

岩石含金属矿物成分较多时，常反映为低阻带，与含水断层情况相同，测量及解释方法也基本一样；若岩脉不含水，常为高阻反应，这时用中间梯度法测量效果较好（图138）。

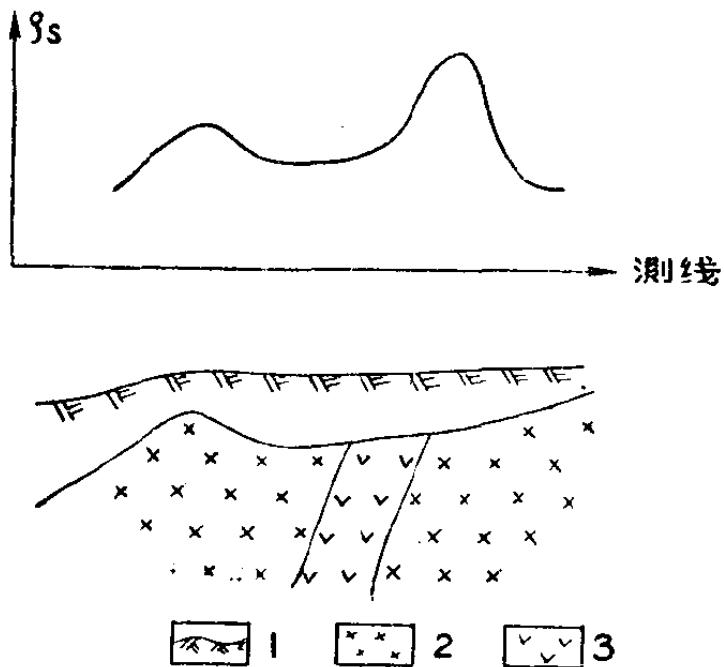


图138 中间梯度法 ρ_s 曲线与地质剖面对比图

1. 表土覆盖层；2. 角闪片麻岩；3. 含云母伟晶岩脉。

(四) 寻找岩溶及其发育方向

岩溶发育地段，常是地下水的富集地段，其溶洞、隙多被粘土或水充填，使其电阻率与围岩相比大大降低，这为利用电阻率法勘探提供了前提。岩溶发育常是复杂而不均匀的，所以需要几种方法互相配合进行勘测。常用的是以环形电测深寻找岩溶发育的方向，用电剖面法和电测深法互相配合寻找岩溶发育的位置。在环形电测深中，岩溶发育主导方向常为视电阻率极形图的长轴方向（图139）。在电剖面曲线上，岩溶发育地段往往反映为低阻异常。当岩溶主要在基岩顶部发育时，联合剖面曲线的 ρ_s^A 与 ρ_s^B 同步下降，若只有一个点下降，为尖底异常，岩溶发育带较窄；曲线在两个测点以上连续下降，为

平底低阻异常，岩溶发育带较宽；当岩溶发育强烈、向下延伸很大时，联合剖面曲线 ρ_s^A 与 ρ_s^B 出现明显的正交点，交点两侧之歧离段往往不对称，异常形态不规则，幅度较大，且岩溶发育范围越大，低阻正交点带越宽，图140是广东某矿的实际资料，岩溶发育带明显地反映为宽度较大的低阻正交点带；若用电剖面测量资料绘成等视电阻率平面图，则岩溶发育地段常为低阻区(带)。见图141及表9。在电测深曲线上，当可溶岩中岩溶由浅而深(岩溶发育最大深度范围内)均发育强烈或岩溶发育埋藏较深时，岩溶发育段常出现曲线畸变异常，即在上升段产生跳跃，呈锯齿状、台阶状、以至从外表上改变了曲线的类型，或当更换测量电极(MN)测量时，接头脱节不正常，反映为脱口大、喇叭口或交叉等现象，岩溶愈发育，畸变愈强烈，且曲线异常常较实际岩溶发育段出现稍深，如图142；当岩溶沿基岩顶部发育时，岩溶段反映为相对低阻异常，电测深曲线一般呈H或KH型，尾部近45°上升，且较圆滑不出现畸变现象，但此时H部分极小点的电阻率较正常时降低，横座标后移，有时与第四系厚度增大时的曲线特征相类似，如图143；当基岩完整致密且其上仅有第四系覆盖时，按地电断面特征，第四系(ρ_1)常为几十欧姆·米，而可溶岩的完整基岩(ρ_2)常为几千欧姆·米，则电测深曲线应为G型二层曲线或不明显的H型曲线，尾部呈45°上升，曲线很有规律；大量的面上电测深，

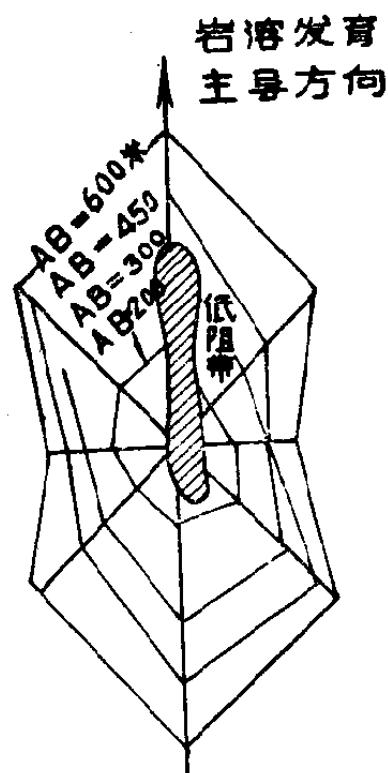


图139 低阻带上环形电测深极形图

岩中岩溶由浅而深(岩溶发育最大深度范围内)均发育强烈或岩溶发育埋藏较深时，岩溶发育段常出现曲线畸变异常，即在上升段产生跳跃，呈锯齿状、台阶状、以至从外表上改变了曲线的类型，或当更换测量电极(MN)测量时，接头脱节不正常，反映为脱口大、喇叭口或交叉等现象，岩溶愈发育，畸变愈强烈，且曲线异常常较实际岩溶发育段出现稍深，如图142；当岩溶沿基岩顶部发育时，岩溶段反映为相对低阻异常，电测深曲线一般呈H或KH型，尾部近45°上升，且较圆滑不出现畸变现象，但此时H部分极小点的电阻率较正常时降低，横座标后移，有时与第四系厚度增大时的曲线特征相类似，如图143；当基岩完整致密且其上仅有第四系覆盖时，按地电断面特征，第四系(ρ_1)常为几十欧姆·米，而可溶岩的完整基岩(ρ_2)常为几千欧姆·米，则电测深曲线应为G型二层曲线或不明显的H型曲线，尾部呈45°上升，曲线很有规律；大量的面上电测深，

表 9 广东某矿岩溶分区钻孔溶洞发育情况统计表

岩溶发育程度 分 区 编 号	钻孔号	第四系 厚 度 (米)	物探异常 值 (%)	岩溶发育情况		备注
				见溶洞数 (个)	溶洞总高 (米)	
I	200—7	28.27	-66.3	4	25.78	$\eta = \frac{\rho_s^{\text{实}} - \rho_s^{\text{理}}}{\rho_s^{\text{理}}} \times 100\%$ 即野外实测的视电阻率($\rho_s^{\text{实}}$)和相同条件下的理论计算出的视电阻率($\rho_s^{\text{理}}$)之差与理论的视电阻率之比。 因为，当基岩完整时 $\rho_s^{\text{理}}$ 与 $\rho_s^{\text{实}}$ 近似，当基岩破碎充水或泥时， $\rho_s^{\text{实}} < \rho_s^{\text{理}}$ ，故 η 一般应为负值，岩溶愈发育，则 η 值负的数字就越大。
	202—5	37.11	-64.7	12	26.22	
	210—3	13.50	-66.5	2	16.56	
	P 306	8.96	-92.6	9	11.76	
	B 16	20.16	-50.9	5	3.72	
	B 19	21.54	-81.9	13	28.15	
	2—1	24.00	-53.8	5	9.30	
	2—19	25.49	-45.0	2	9.14	
	4—6	29.60	-58.2	7	27.40	
	4—12	18.58	-55.3	3	10.50	
	2—11	46.30	-29.0	3	4.90	
II	P 159	11.85	-41.0	7	7.37	
	P 307	9.29	-64.0	4	27.89	
	P 204	9.56	-63.0	5	11.70	
	B 14	8.70	-72.7	3	5.16	
	B 26	12.37	-46.7	4	17.06	
	P 172	26.15	-50.2	3	13.85	
	B 31	23.60	-68.4	9	5.10	
	P 308	13.90	-54.5	2	20.20	
III	220—2	10.50	-18.0	0	0	
	B 4	16.40	-14.0	1	0.47	
	P 201	16.09	-9.4	0	0	
	P 153	15.28	+1.2	1	0.79	
	B 5	8.09	-31.7	岩心破碎	0	
IV	P 115	2.55	+9.2	0	0	
	P 113	5.70	+2.8	0	0	
	220—1	18.00	-0.32	0	0	
	B 30	4.93	-9.0	1	0.5	
	P 309	10.16	-28.0	0	0	

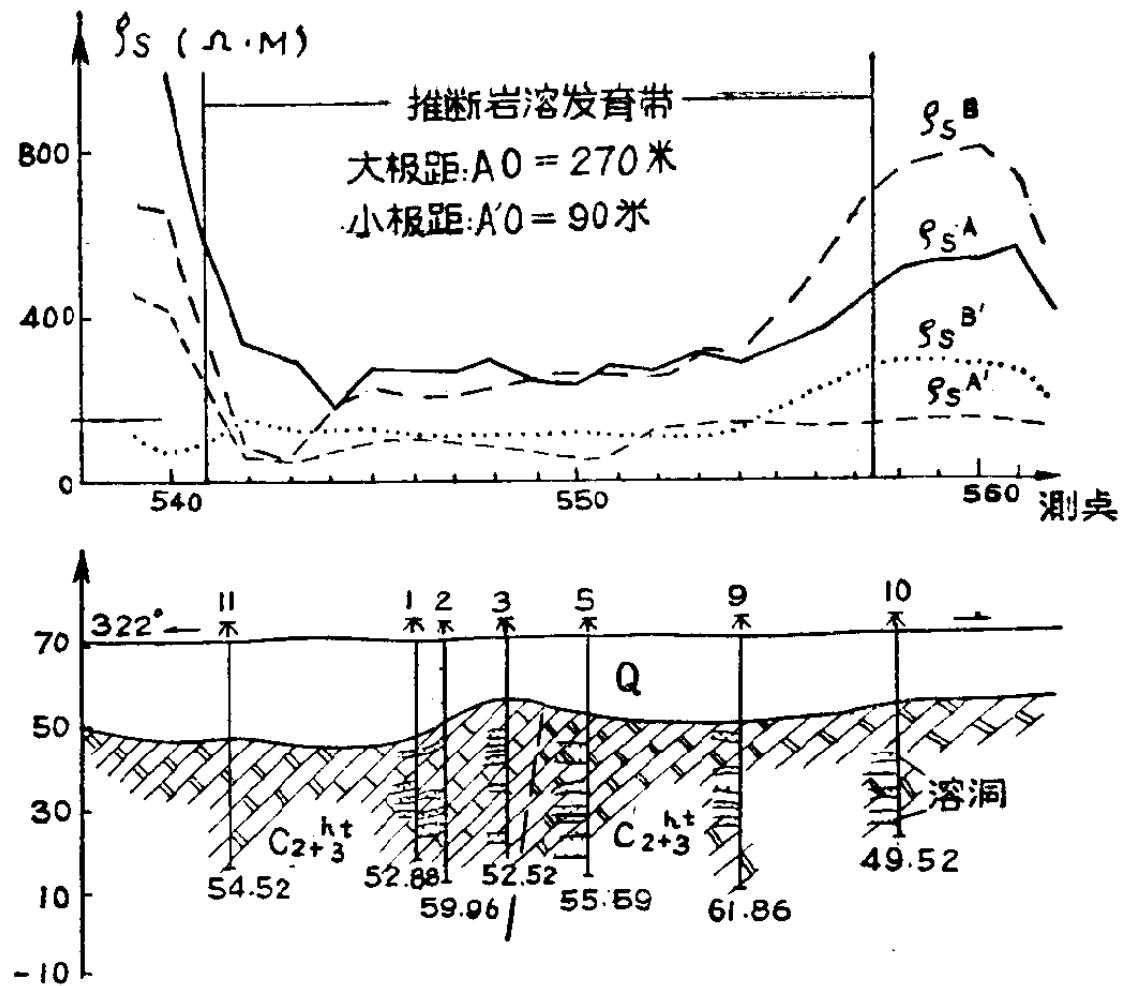


图140 广东某矿岩溶带电剖面曲线及钻探证实地质剖面图

- 1.第四系覆盖层；2.中上石炭统壶天群灰岩；3.石灰岩；
- 4.白云岩；5.钻孔溶洞位置。上面数为孔号，下面数为孔深。

可根据曲线类型，实测曲线和标准曲线的对比，也可找出岩溶发育的平面位置。总之，岩溶区的情况是复杂的，具体的情况要进行具体的分析，需弄清当地的地电条件，正确地选用适当的电测方法和成果的解释方法才能达到预期的目的。并且在运用各种方法进行勘测和解释时，常是从已知推未知的程序进行，即根据已有钻探或坑道等证实的岩溶发育地段的电测资料（或在这些已知的岩溶地段先作电测曲线）分析，选择适当的电测方法和成果解释方法，再转过来用于需要勘测的地区。如河北水文地质队，在石家庄西部山区用电测深法找水，先在已知井旁作电测深曲线，然后对比推断拟定井位处的

A

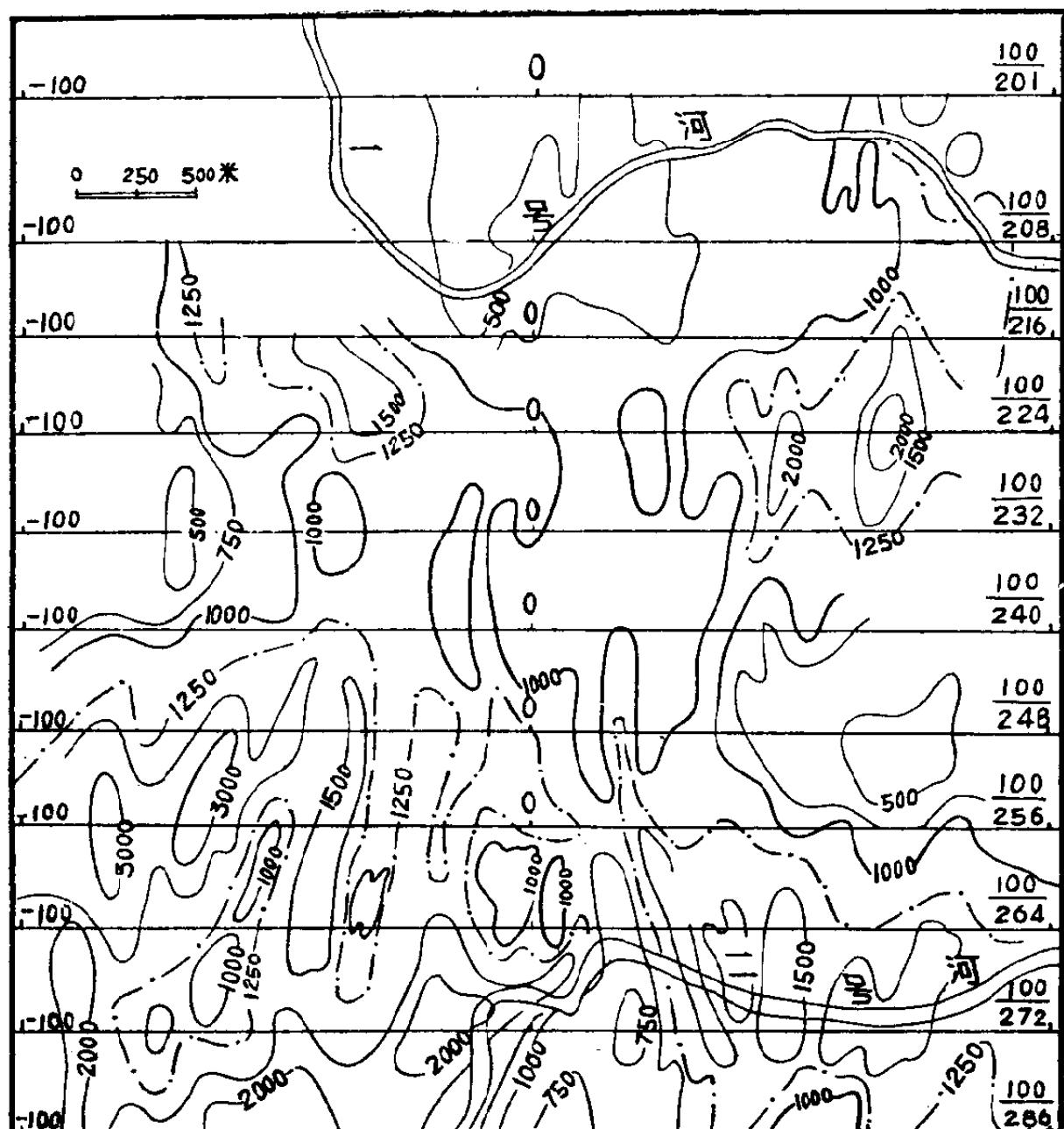
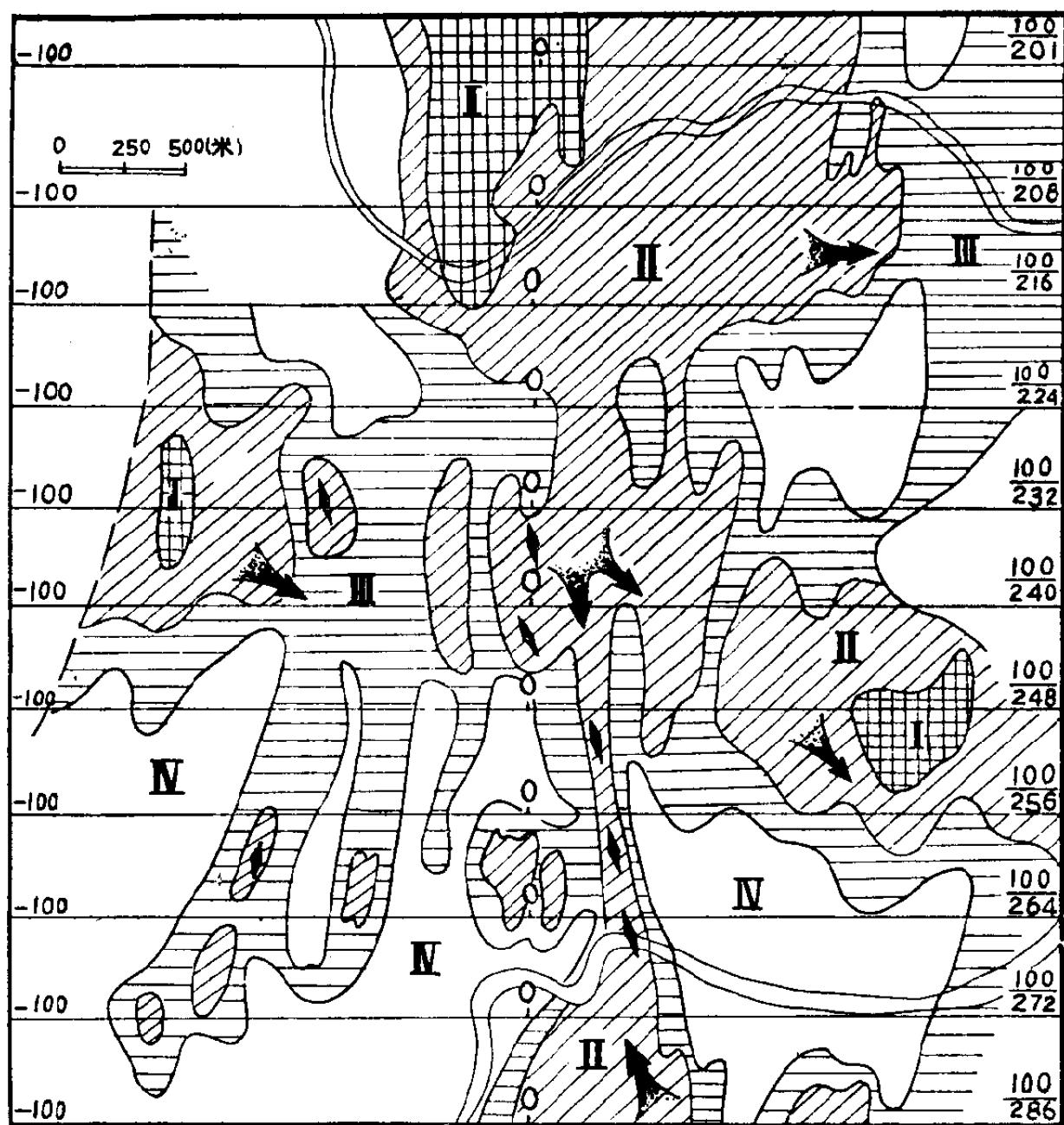


图141 广东某矿岩溶区电剖面 (AB=600)

1. 岩溶强烈发育区；2. 岩溶发育区；3. 岩溶弱发
方向(反映岩溶发育主导方向)；4. 地下水流向；

B



米)等视电阻率及推断岩溶发育程度平面图

育区；4.较完整的基岩分布区；5.环形测深长轴

7.测线与测点；8.视电阻率等值线。

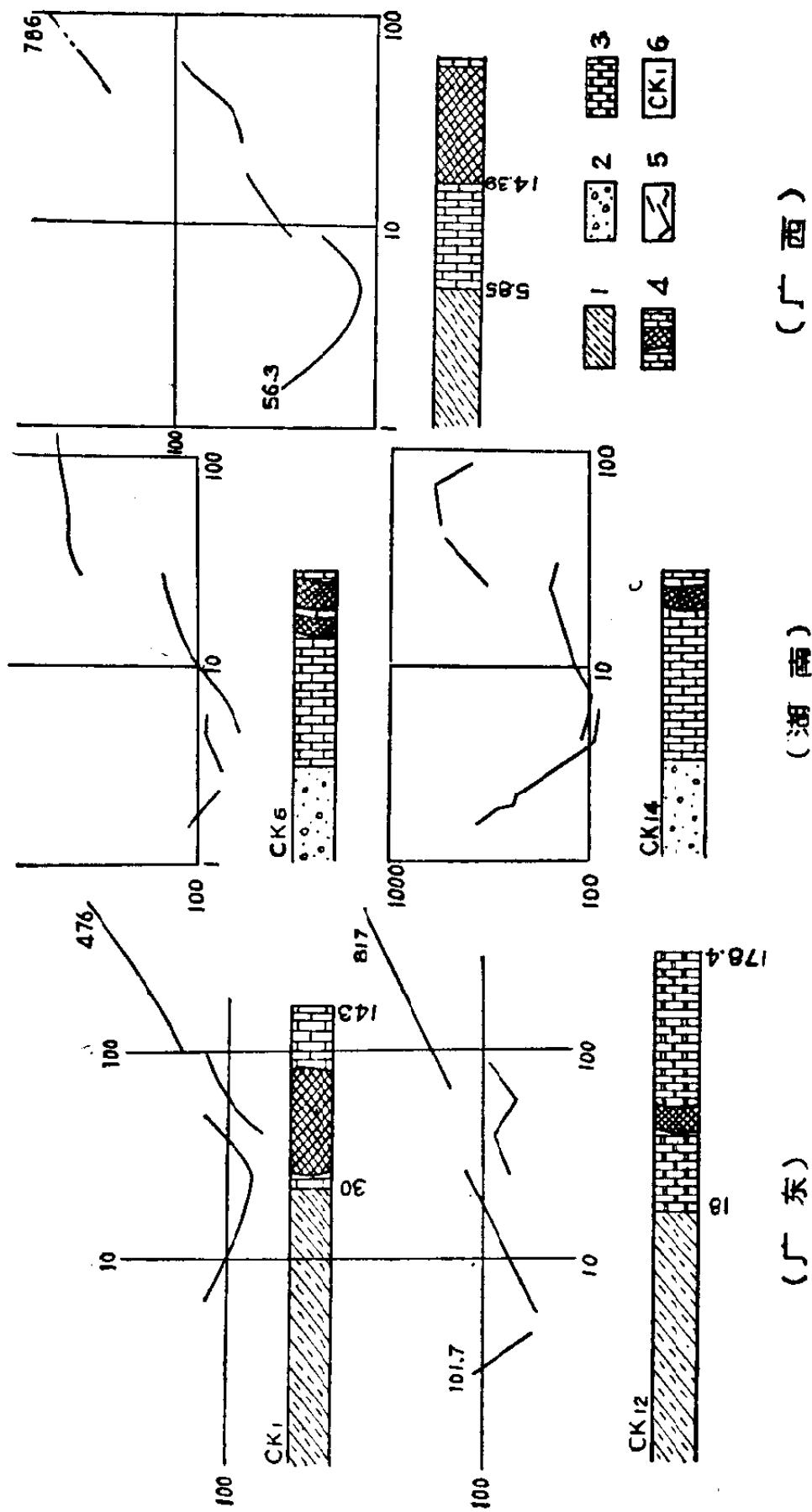


图142 电测深曲线与钻孔柱状对比图

1. 亚粘土覆盖层；2. 砂砾石覆盖层；3. 石灰岩及白云岩；4. 岩溶富水段；5. 电测深曲线；6. 钻孔编号。

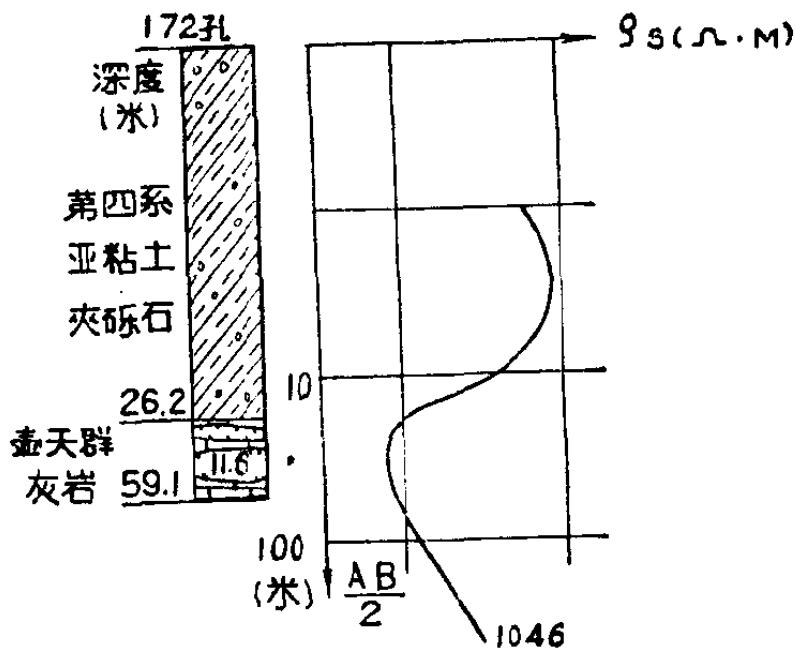


图143 广东某矿172号孔电测深曲线与钻孔柱状对比图

电性特征及含水性。图144就是对比的一个实例：图144B为已知井的电侧测曲线和地层情况，该井页岩中的灰岩夹层含岩溶裂隙水，水量可满足3吨深井泵抽；图144A为同一地层在另一地点的电测深曲线和打井证实的地层柱状剖面，两点曲线类型、视电阻率值相近，打井证实地层和水量也相近。

(五) 探测第四系松散覆盖层的厚度或基岩起伏情况

第四系松散覆盖层的电阻率常较基岩为低（泥质岩类除外），当第四系与基岩的电阻率差异悬殊时，用电测深法了解覆盖层的厚度，一般准确性较高；如果大面积的覆盖层厚度测知以后，根据地形标高的换算也就知道基岩的起伏情况了。一般情况下，当完整基岩相对于覆盖层电阻率大几十倍或更多时，可视为无穷大，测得的电测深曲线尾部呈 45° 角上升。通过对曲线类型的判定和与量板的对比定量解释，便可求出覆盖层的厚度，如图145。当然，实际情况是很复杂的，在

解释测深曲线时，应当结合当地的地质结构和已知井孔的资料，只有这样才能得出正确的结论。

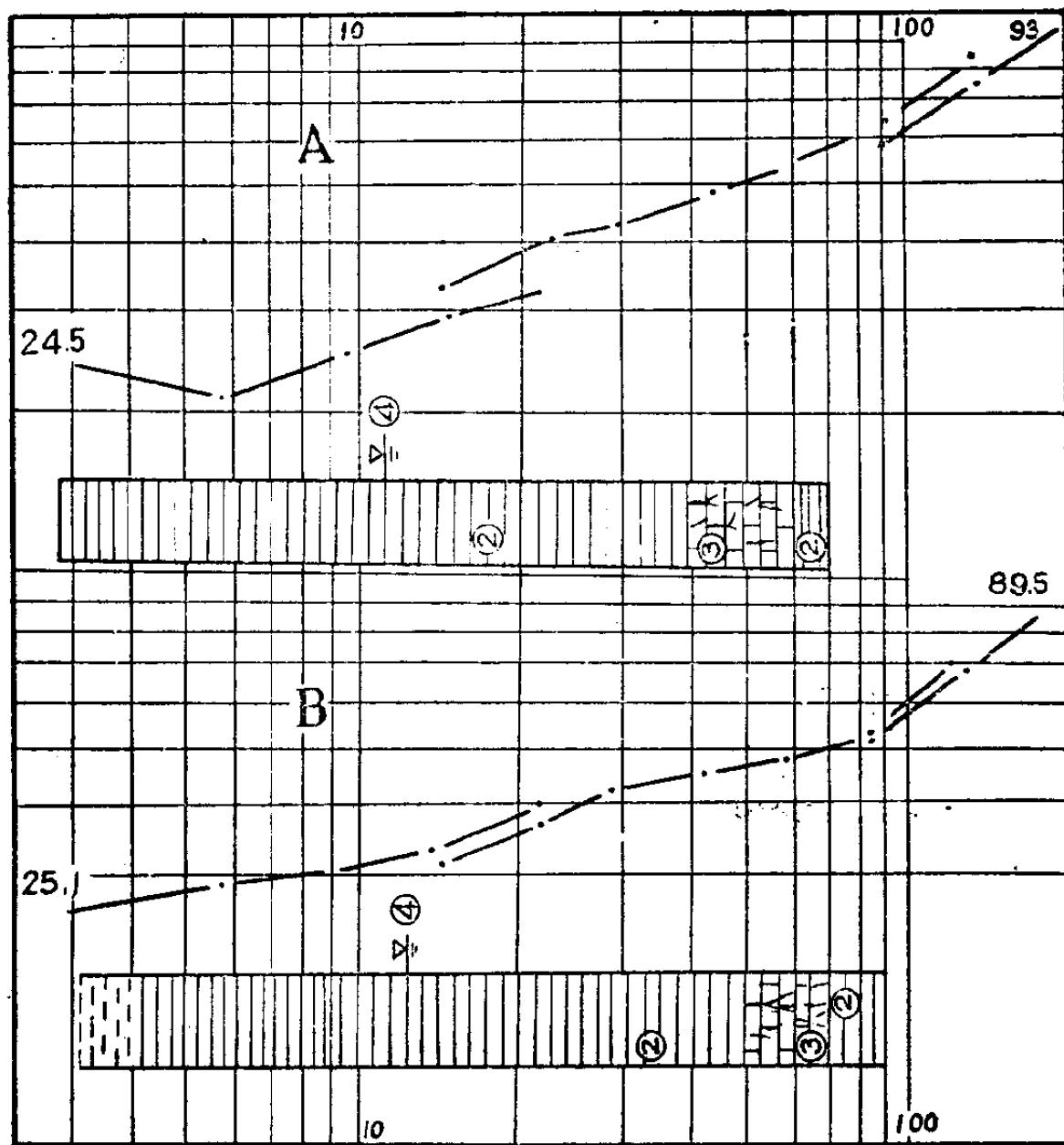


图144 石家庄西部山区某地电测深曲线与井地层剖面对比图

- A. 电测深定井的电测深曲线及井地层剖面
- B. 已知井的地层剖面和电测深曲线
- ①粘土；②页岩；③石灰岩；④地下水位。

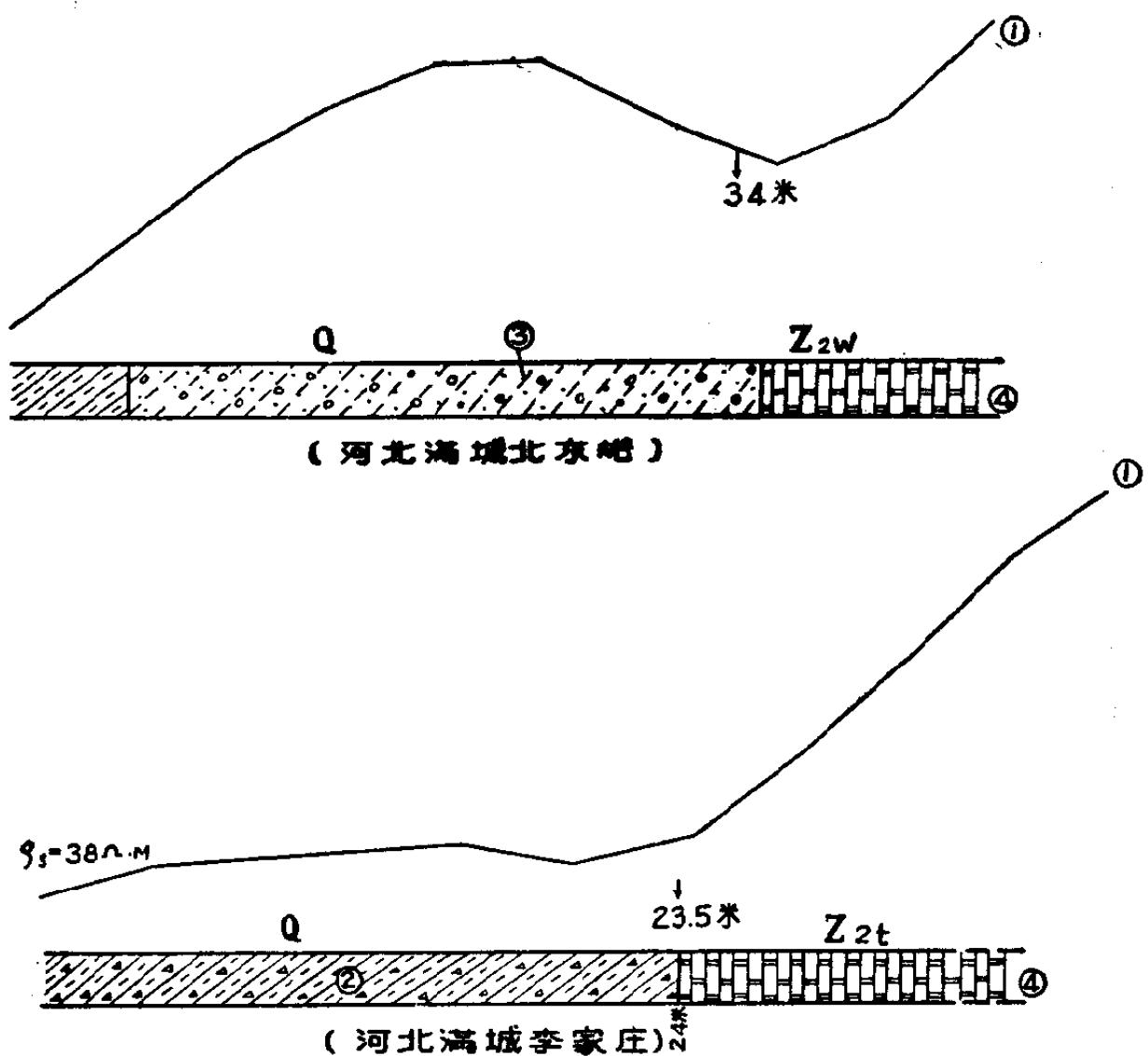


图145 电测深曲线与机井地层柱状对比图

①电测曲线；②亚粘土夹碎石；③砂砾石夹土；④白云岩；Q第四系； Z_{2t} 震旦系中统铁岭组； Z_{2w} 震旦系中统雾迷山组。

第七节 民谚与地下水

民间谚语在气象预报上的应用已为很多人所知道。在寻找地下水方面，我国勤劳勇敢的劳动人民，根据对山水、土石、植物的生长情况的观察和丰富的实践，也得出了很多判断地下水有无和贫富的谚语。这些谚语，对山区地下水作了形象的描绘和比喻，如“地下水如人身血，水线尤如动静脉；血管有

粗又有细，水线也有宽和窄；血自心脏流全身，水往低处流大地；抽血须刺血管上，取水要在水线里”，形象地比喻了山区脉状裂隙水特点和找水方向；这些谚语，都有一定的科学道理，具有一定的科学价值；利用这些民间谚语，在不少地方确实也找到了地下水。这方面，江苏水文地质队徐州供水地质组作了不少工作。他们在与贫下中农结合的找水工作中，收集和总结了很多找水的民间谚语。现以江苏水文地质队的资料为基础，参照其他有关的一些民间谚语略加补充，供在找水工作中参考。

需要说明的是，在利用民间谚语找水时，一定要因地制宜，仔细分析实际情况，弄清水文地质条件，切不可死搬硬套。

（1）群山抱洼地、地下水富集

四面环山所抱洼地，称盆地。三面环山所抱洼地，为簸箕形洼地或掌心地、座椅地等。此类洼地，在地形上有利地表水和浅层地下水的汇集，当地质构造有利时，更是如此。在洼地内，第四纪松散层常较厚，一般在洼地中心或靠近出日处，常有较丰富的地下水。如江苏的汉王桥上村，四周皆为高山和高地。构造上为一向斜，其核部为中寒武统张夏组灰岩。打井至基岩不深，出水量每小时50吨。河北满城县一个群山所抱的洼地中，第四纪松散层较厚。在洼地边缘打井70米，未见基岩，每小时出水量达80吨左右。所以，在有的地区，群众中又有：“遇到掌心地，找水很有利”、“群山环洼，洼地水源大”、“簸箕地，找水最有利”、“三面环山中间低，水都流向盆地里”等找水谚语。在应用这类谚语找水时，一方面须从地质构造和水文地质条件方面对洼地进行分析，弄清洼地的形成和蓄水条件。如图146所示几种常见洼地，在地质构造上是不一样的。实践证明，在其他条件相同的情况下，A、B、D三种

洼地打井取水是较C、E、F三种类型洼地打井所取水量要大。另一方面，还要注意洼地所处的地貌位置、洼地的面积大小、松散层厚度、汇水条件、第四纪松散层之下伏岩层是否漏水等问题。若洼地本身位置很高，面积小，基岩漏水，松散层中是不会含水的，基岩中往往地下水埋藏也很深，此况打井较为困难。

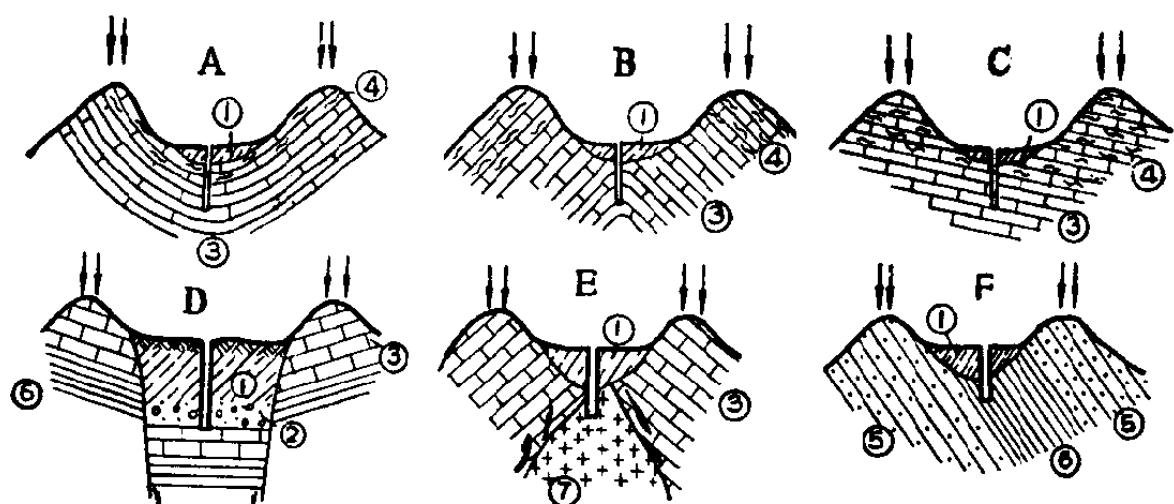


图146 洼地的地质示意剖面图

A. 向斜洼地；B. 背斜洼地；C. 单斜洼地；D. 地堑洼地；E. 火成岩侵入的背斜洼地；F. 软岩层剥蚀洼地。

①亚粘土；②砂砾石；③石灰岩；④泥质条带灰岩；⑤砂岩；⑥页岩；
⑦火成岩。

(2) 山带裂开成豁口，水流多从地下走

一条顺岩层走向延伸的山带，常有多个断开的垭口。构成垭口的原因多为构造或侵蚀作用而成，有的为断层所致，有的是裂隙发育或裂隙密集带。如果这种山体岩性较脆，并属可溶的石灰岩，则在山垭口附近，有丰富的地下水。如图147所示，在琵琶山与瓦山之间，山带呈

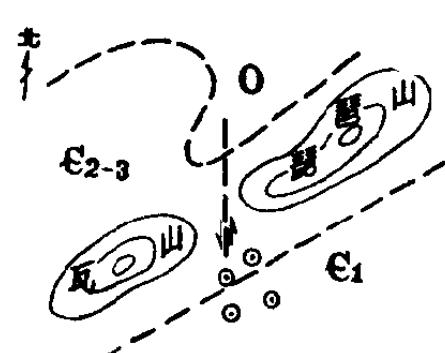


图147 瓦山钻孔平面分布图

E₁ 寒武系下统；E₂ 寒武系中统；○奥陶纪。

北东延伸，山体与山脚为寒武纪炒米店灰岩与张夏灰岩，山口处有一断层通过，在山口附近不到0.5平方公里的面积内，打了四口井，涌水量皆在每小时50吨左右。所以，有的地方的群众又总结为：“断层一条线，有水在里边”。此条谚语，多适用于低山丘陵等区域地下水位埋藏较浅的硬脆可溶岩石地区，用时也需进一步弄清当地的水文地质条件，否则可能导致失败。特别是在高山区，搞不清地下水位埋藏深度和未查清垭口的成因，不可轻易利用。

(3) 山带拐了弯，地下有水来

在地下水埋藏不深的低山丘陵地区，与岩层走向一致的

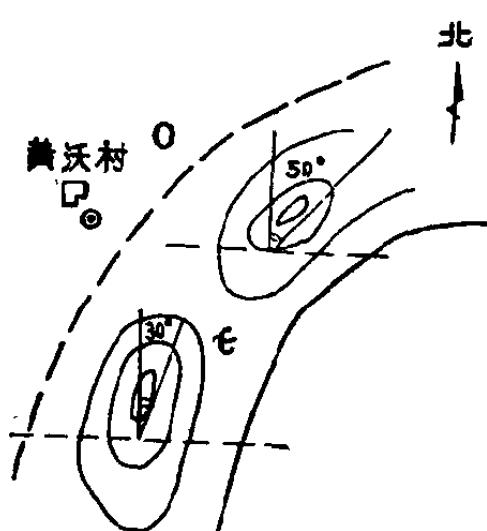


图148 拐弯山体与钻孔平面位置图

C寒武系；O奥陶系。

山带突然改变了方向，拐弯处一般裂隙发育。如果拐弯处山势很平，或者有山口，有利于地下水的汇流富集，特别是在拐弯的外侧有可溶岩分布则更利富水。如黄沃村南山带走向，由北偏东30度突然转为北偏东50度，在拐弯外侧地势低平的村子附近马家沟灰岩中打一钻孔，出水量每小时达100吨(图148)。

腿山前比较差

主要指山前地形与山脚下岩石埋藏深度的变化，从山脚下到平地，如果是突变的，则称蜷腿山。渐变的，称伸腿山(图149D)。这种变化的原因A由断裂作用引起；B岩层倾斜角度可能由陡突然变缓；C山脚下软岩层剥蚀而成等等(图149)。山前地区，地下水位一般埋藏不深，在蜷腿山前的A和B情

(4) 蜷腿山前水量大，伸

况下，打井都较理想，因为一是岩性条件有利，二是有断裂构造或岩层产状突变，裂隙发育；C种情况，则根据它的剥蚀深度和第四系中有无含水层及地下水埋藏深度来定，一般是剥蚀深度大，有第四系含水层存在，且水位埋藏浅好，否则无水或水少。所以，这里的关键在于正确分析判断山前基岩埋藏深度突变的原因和山体岩石的性质，以及岩层倾斜方向。岩层倾斜方向与地形坡向一致的比相反的好。此条谚语，有的地方，群众又总结为“山脚坡度有突变，交线附近有水源”或“大山低嘴下，打井泉水大”。

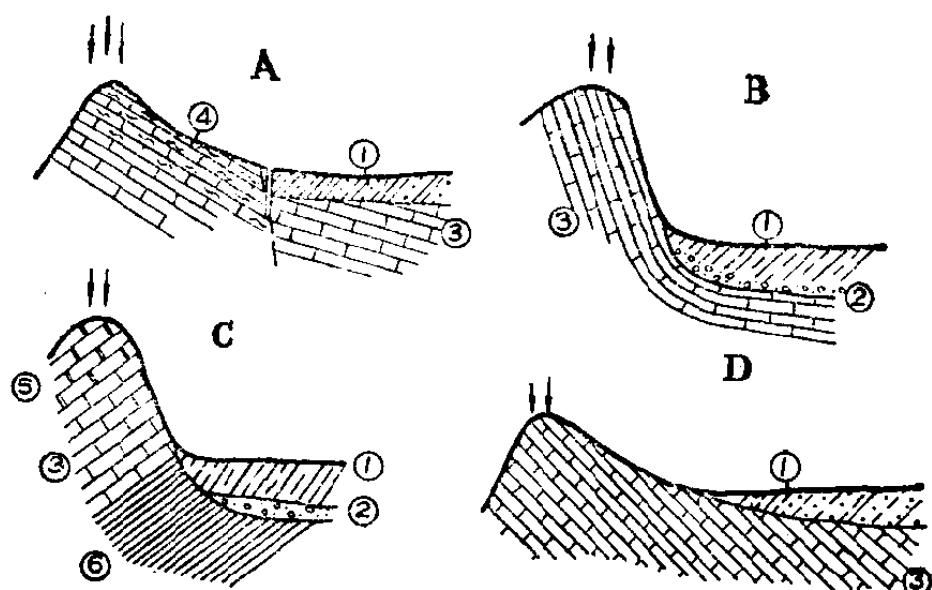


图149 山脚下岩石埋藏深度变化剖面示意图

- A. 断层蟾腿山；B. 岩层倾角由陡变缓蟾腿山；C. 软岩层剥蚀蟾腿山；
- D. 单斜岩层伸腿山。
- ①亚粘土；②砂砾石；③石灰岩；④泥灰岩；⑤白云岩；⑥页岩。

(5) 沟谷交汇处，水量更丰富

指两个或两个以上的沟谷或溪流相交处。由于沟谷、溪流是有利于地表、地下水汇集的地形，则在其沟谷相交汇地方更是富水地带。富集的地下水，常是孔隙、裂隙潜水，水位及水量随季节变化大。在山区，只有当组成沟谷的岩石为隔水或

弱透水的岩层，沟谷中的第四系松散沉积较厚，沟谷纵坡平缓而有一定的发育长度时才有可能富水，否则水量少或无水。如河北省涞源县的金家井村，虽然打井在源远谷长的两沟交汇处，但因该处总的地势高，基岩为震旦系白云岩透水岩层，水位埋藏很深，人工打井50多米无水或仅见水量甚微的上层滞水，而在其上游的留家庄（金家井在此村以南约十里，图上未绘出），由于河谷中有下寒武统紫色页岩斜截河谷阻水，河谷覆盖层厚20多米，利于汇水，于页岩上游的两支沟交汇处打一井，深40米，水位埋深32.3米，每小时出水40吨（图150）。在山麓丘陵区，当区域地下水位埋藏浅时，用此民谚常有较好的效果，特别是基岩岩性为含水层，第四系覆盖也厚，则水量十分丰富。所以，有的地方还有“河流交汇处，地下水最富”、“两

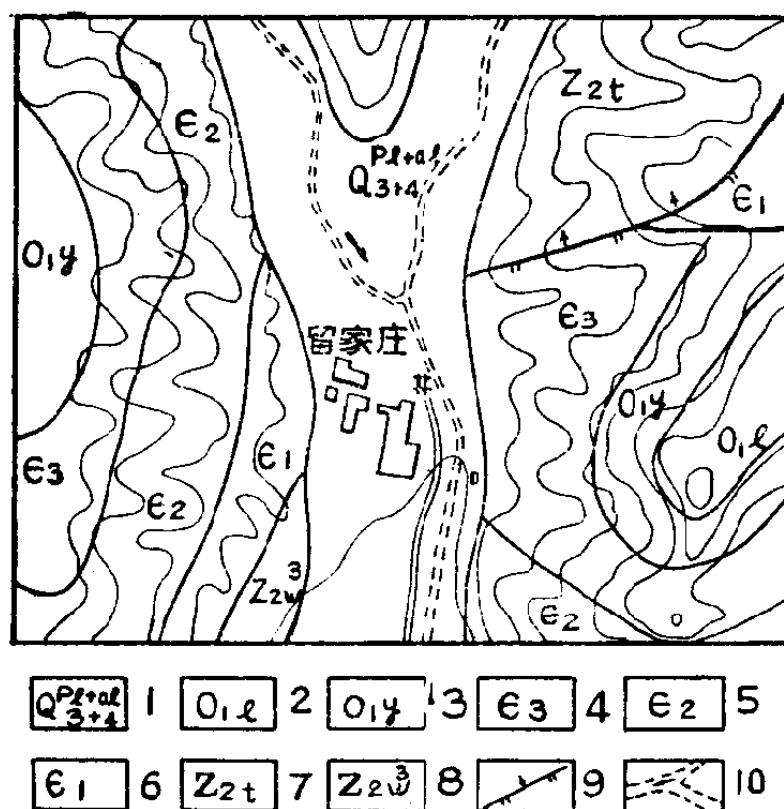


图150 留家庄井平面位置图

- 1.第四纪 黄土状亚粘土及砂砾石；2.下奥陶统亮甲山组灰岩；3.下奥陶统冶里组灰岩；4.上寒武统灰岩页岩互层；5.中寒武统灰岩夹页岩；6.下寒武统页岩；7.中震旦统铁岭组白云岩；8.中震旦统雾迷山组白云岩；9.压性断层；10.干河床。

沟相交，泉水滔滔”、“两沟夹一嘴，嘴下常有水”等谚语。

(6) 群山当中川，川中有水源

主要指比较大的开阔、平坦、第四纪松散沉积较厚的沟谷。由于汇水面积大，第四纪沉积物中常有比较丰富的地下水。但在应用中，也还是要考虑组成河谷的基岩是否透水、当地所处的地势高度、地下水埋藏深度等条件。若地势很高，基岩透水，则地下水埋深大，在地下浅处水量小甚至无水；当河谷中有阻水岩层或阻水构造存在时，有利于第四纪松散层中地下水的富集，水量常相当丰富，如河北涞源县南坡底村北井，由于河谷上游长远（约20公里左右），汇水面积大，河谷开阔，第四纪砂砾石层厚，河谷基底有下寒武统紫红色页岩隔

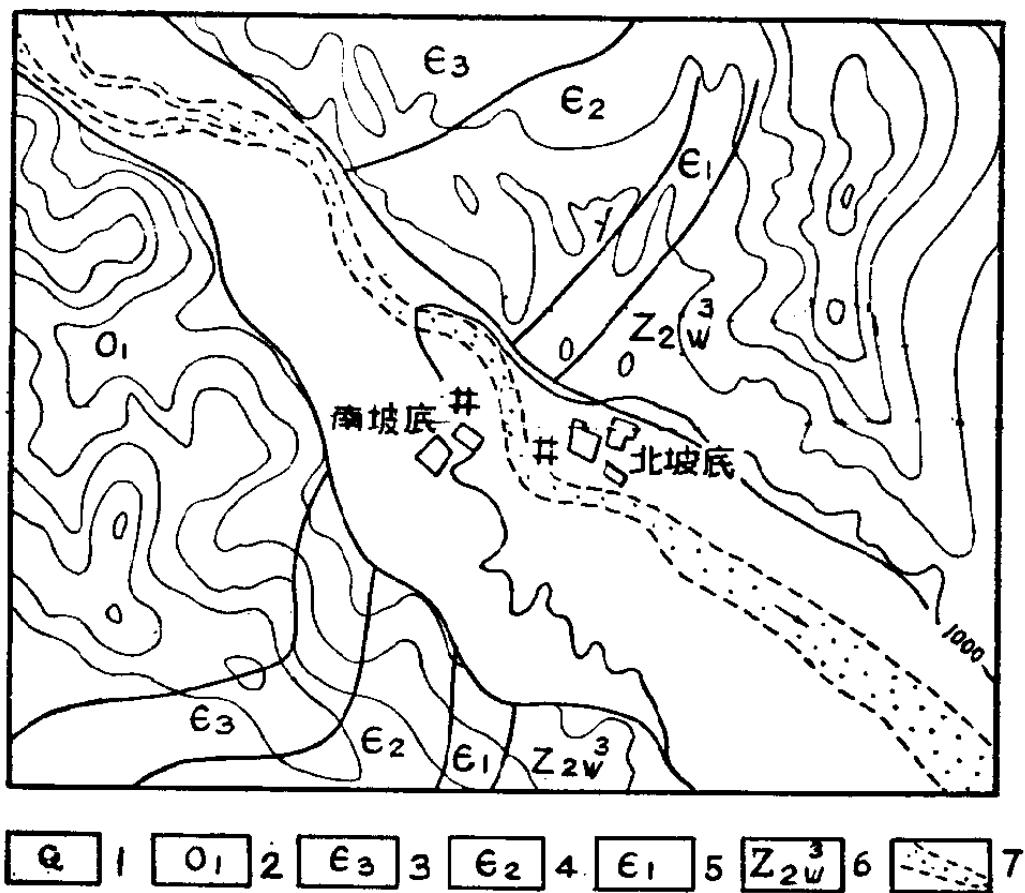


图151 南坡底和北坡底河谷井位平面图

1. 第四系黄土状亚粘土及砂砾石；
2. 下奥陶统灰岩；
3. 上寒武统页岩灰岩互层；
4. 中寒武统灰岩夹页岩；
5. 下寒武统页岩；
6. 中震旦统雾迷山组第三段；
7. 干河床。

水，井深26米未见基岩，水位埋深24米，每小时出水60吨左右，地下水位基本不下降，而紧靠下游的北坡底村西井，由于下伏基岩透水，则水位很深，打30米深的井未见水（图151）。对于这种情况，有的群众还总结为“卵石满布干河谷，河中地下水常富”。

（7）挡水墙前来打井，十有八九都能成

在透水的岩层中，下游有隔水的岩层阻水，使地下水沿接触带相对富集，有时在低洼的地方还有泉水出露。因此，在隔水岩层迎水一侧的透水层中打井，常可获得丰富的水量。

（8）青山石缝延下坡，坡下水源可能多

指在石灰岩或白云岩的低山丘陵地区，山上常发育有宽大的裂隙，宽几十厘米到几米。有的单个出现，有的成群分布。如果这些大裂隙延到山下沟谷或平原，在山脚下对着裂隙延伸方向打井常可取得良好的效果。其原因是丘陵区地下水埋深浅，张开的大裂隙有利地表地下水的渗透贮集，岩溶发育，且裂隙有一定的宽度，一般为构造裂隙，延伸较远，故可打井。如徐州地区九里山石裂，发育于张夏灰岩与炒米店灰岩中，裂隙宽1—2米，横切山体下延到山脚下，在山脚对着裂隙打一钻孔，涌水量每小时30吨。

（9）地上石头多洞沟，地下常常有水流

这是根据地表岩溶裂隙发育的状况寻找地下水的经验总结出来的谚语，一般指在各种石灰岩分布的山前地区，常有一些垂直山体的小沟谷发育，沟谷内石头裸露，石灰岩体溶洞裂隙发育，溶隙两壁常有高价铁和锰的氧化残迹而呈现各种颜色，群众称这些溶洞溶隙为石头上的洞和沟，在这些沟谷的下游地势低平处打井，常常有水。有的地方还总结为“青石裂隙如开花，地下水源常较大”、“青石裂开，地下水来”。

（10）河中水骤减，地下有水源

这是利用岩溶水的活动特点寻找地下水的经验总结出来的谚语。它是指河流或沟谷中的水流，当进入岩溶发育的石灰岩区时，水沿岩溶渗入地下，使河中水流突然变少以致消逝，则在入渗地点和河流下游不远的近岸或河谷的灰岩中有丰富的地下水。

此类谚语，还有如“雨季一来到，洞中水外冒；旱季水下流，岩洞尽吸收；四处水漫漫，此处水不现；问水何方去，岩洞下面见”等。

(11) 片石满布，有水不富

“片石”群众一般指的是页岩、片岩、板岩，“满布”指大面积分布的意思。由于风化后多呈小片状，故叫“片石”。页岩和片岩为隔水的岩层，一般不含水，但在风化表层，因风化裂隙发育含水，同时，常具山高水高的特点，然而含水微弱，只有在具有较大汇水面积的洼地，第四系有一定的覆盖厚度时才有相对较多的水。所以，在页岩片岩分布较广的地区，常到处有水而处处水都不多(有水不富)。

总之，山区找水过程，就是对山区地下水分布规律的实践、认识、再实践、再认识的过程。由于地下水是长期处在与周围环境相互作用之中的。所以，要想掌握山区地下水的来龙去脉，就不能脱离开赋存山区地下水的周围环境去孤立地研究地下水，而必须从地下水的形成环境入手。在寻找地下水工作中，应根据山区地下水的分布特点，按着一定的方法，运用经过长期找水实践所总结出来的找水方法，沿着一定的线索进行寻找。

所谓缺水，也只是现在没有水，或者对地下水情况还没有认识，并不是地下无水。有的因为地势较高，周围河谷切割较深，地下水位深，人工打井困难而缺水；有的则是因为岩石致密，含水微弱，水力坡度大，基岩裸露水土流失严重，暂时和局

部缺水；有的是连续干旱，矿区疏干和地下水的大量开采，造成大面积区域水位下降而缺水；还有的是对地下水情况认识不清，未能大力开发而暂时缺水。但是，就在这些缺水矛盾中，由于具备了一定条件，有时还具备有水地段。这些有水地段的寻找方法概括起来主要就是：软中找硬，硬中找软；整中找碎，碎中找整；背斜找谷，向斜找轴；平中找倾，倾中找平；溶找不溶，不溶找溶；漏找不漏，不漏找漏。张性断层需打穿，压性断层找主动盘；单一断层按性质定，多条断层找交叉点；有了入口查出口，二者之间查潜流；在不利汇水条件下找汇水面较大的地段……，总之，就是在正常情况下[表现缺水的话，那么在不正常的情况下]就可能有水。实践证明，只要我们坚持实践第一的观点，认真总结正、反两个方面的经验教训，虚心向广大贫下中农学习，深入调查，仔细分析，掌握确实可靠的第一性材料，就能在比较复杂的缺水山区找出地下水来。

第八节 山区找水的一般工作步骤

前面我们介绍了山区地下水的一般规律和寻找富水部位的方法，但是，在山区如何开展工作？通过怎样的工作步骤或程序才能多快好省地找到这些富水部位呢？下面就谈谈一般的工作步骤。

1. 了解需水单位（社、队、厂、矿）用水目的及找水范围

用水目的不一样，找水范围及水量水质要求也不一样。工业用水，要求量大而稳定，对水质要求也较严格，常是在其厂区范围内或离厂不远的范围内解决；农业灌溉用水，要求水量较大，为间歇性季节用水，用水在干旱季节，越是干旱需水越大，找水常在一个队或公社范围内；山区人畜饮用水，水量要求不大，但往往要求越大越好，最好能解决播种用水问题，范

周围距村越近越好。

2. 搜集资料,仔细分析,确定工作方案

特别要搜集到当地地质、水文地质图及相应比例尺的地形图,比例尺以1:5万—1:1万为好。

3. 调查访问

对于找水地区过去打井扩泉等开采地下水的情况和当地过去曾发生过的与地下水有关的自然地质现象,如潮湿地、动植物特殊生长与寄居的地方等要首先进行调查访问。其办法是与当地老贫下中农或打井人员开座谈会,并进行现场调查,将有关资料记录整理表示在有关图上。

4. 野外实地地质、水文地质测绘

一般是通过一定的路线和定点调查来完成的。路线的选择,一般应垂直岩层、褶曲轴、断层等构造线的走向。这样能以最少的路程看到更多的地层、地质构造等地质及水文地质现象。在岩层变化,断层出露,褶曲出现,井泉分布以及其它一些特殊的地质、水文地质现象出现的地点要作详细地定点观察、测量、描述记录及素描等。其调查的内容主要有:

(1) 井的调查

找水范围内的所有井,原则上都要作井深、井径、类型、水位埋深、出水量、水位水量变化、井中所见到的地层岩性等的详细调查访问和记录。井深、水位埋深要亲自实测;出水量尽可能作抽水试验测定;若正在施工的大口井,要下井去观察测量岩层的岩性、产状,裂隙(或岩溶)发育情况及产状等。根据井所处的地质构造和地貌部位及岩石裂隙(或岩溶)发育状况初步分析水量大小的原因。选有代表性的井绘于地形图上。

(2) 泉的调查

实测泉的流量、水温;观察泉的出露状况:向上涌出还是一般流出,从裂隙中出来还是从溶洞或第四系孔隙中出来;测

绘泉附近的地层、岩性、地质构造和地貌条件；测量泉出露的标高；访问泉的动态变化及泉水去路；初步分析泉的出露原因，判断泉的类型；随手作泉的素描图或出露平面及剖面地质示意图；把泉的位置测绘到地形图上；记录上述调查的全部内容。

(3) 地质地貌调查

① 地层、岩性

对找水范围内（一般要扩大一点）出露地层的岩性、厚度、裂隙（或岩溶）发育程度、含水或隔水特征等情况要作认真的记录描述。岩层和重要的裂隙产状要随时观察其变化，控制性地实地测量，并填绘于地形图上。

一般，为了对一个地区的岩层有个全面的认识，若工作的范围较大时，可先选一个或两个地层出露较全的地点进行地层剖面实测，对每一岩层的岩性、结构构造特征、所属时代、岩层的变化顺序、接触关系等作认真地观察、描素、记录。

② 褶曲

大的褶曲，常是通过地层岩性的测绘逐渐认识与分析出来的，不易观察其全貌。小的褶曲，野外常可直接测量与观察。褶曲调查的主要内容的：观察测绘和记录褶曲的形态，核部，翼部的地层、岩性特征，褶曲轴的产状；研究岩层裂隙（和岩溶）发育状况及所处褶曲部位；绘制褶曲形态的地质剖面或素描图。重要的褶曲要用一定符号填绘在地形图上，同时填写褶曲调查卡片。

③ 断层

测量断层的宽度、产状，描述断层破碎带的特征：胶结或松散，有否角砾岩、糜棱岩、断层泥、擦痕，裂隙发育带宽度……；测量两盘岩层及裂隙产状、时代以及其与地形地貌的关系，有无特殊的植物生长等。综上观察判断断层的性质及水

文地质特征，作随手平面与剖面示意图，并用一定的符号把断层按实地位置标在地形图上。

④ 地貌

首先应注意找水地区所处大的地貌区，然后看有无河流通过，若有河流存在，要注意河谷阶地、漫滩的发育情况。如阶面与河床的高度、阶面宽度及变化、阶地类型、松散层岩性、结构和厚度等。没有河流的地方要注意沟谷的宽窄、纵坡、覆盖层厚度，同时要调查各种地貌与地层岩性、地质构造的关系以及井泉分布与地形地貌的关系。

5. 综合分析，确定井位

经上述各项调查工作后，将获得的地质、水文地质资料进行认真地细致地分析整理和周密地思索，去粗取精，去伪存真，确定出当地相对含水的岩层、相对隔水的岩层，分析它们的组合关系、确定富水部位，然后选择适宜的取水形式，与干部、贫下中农一道确定出井位和井型。

需要指出的是富水与不富水，这是相对的。往往为了解决一个社队的缺水问题，特别是饮水，虽然有的地区从一般规律看来是不很富水的，是否就一定不布置取水工程了呢？不一定。若一点没有希望，当然不能布置；若相对比较，还有富水的地方，可与当地领导和群众商量，说明情况而定。

具体确定井位，要根据含水层或断层破碎带等目的层的产状而定；一般含水层、断层、裂隙密集带等，常有一定角度（即与水平面间的夹角 α ）及倾斜方向，依此再根据周围调查情况确定需定井地点的水位埋深（H）；第三步就是确定打井深度（M）和井位距目的层从地表计算的水平距离（l），其计算方法为 $l = \text{ctg} \alpha \cdot M$ （图152）。

式中 l —— 井位离含水层或断层在地表出露的水平距离（米）；

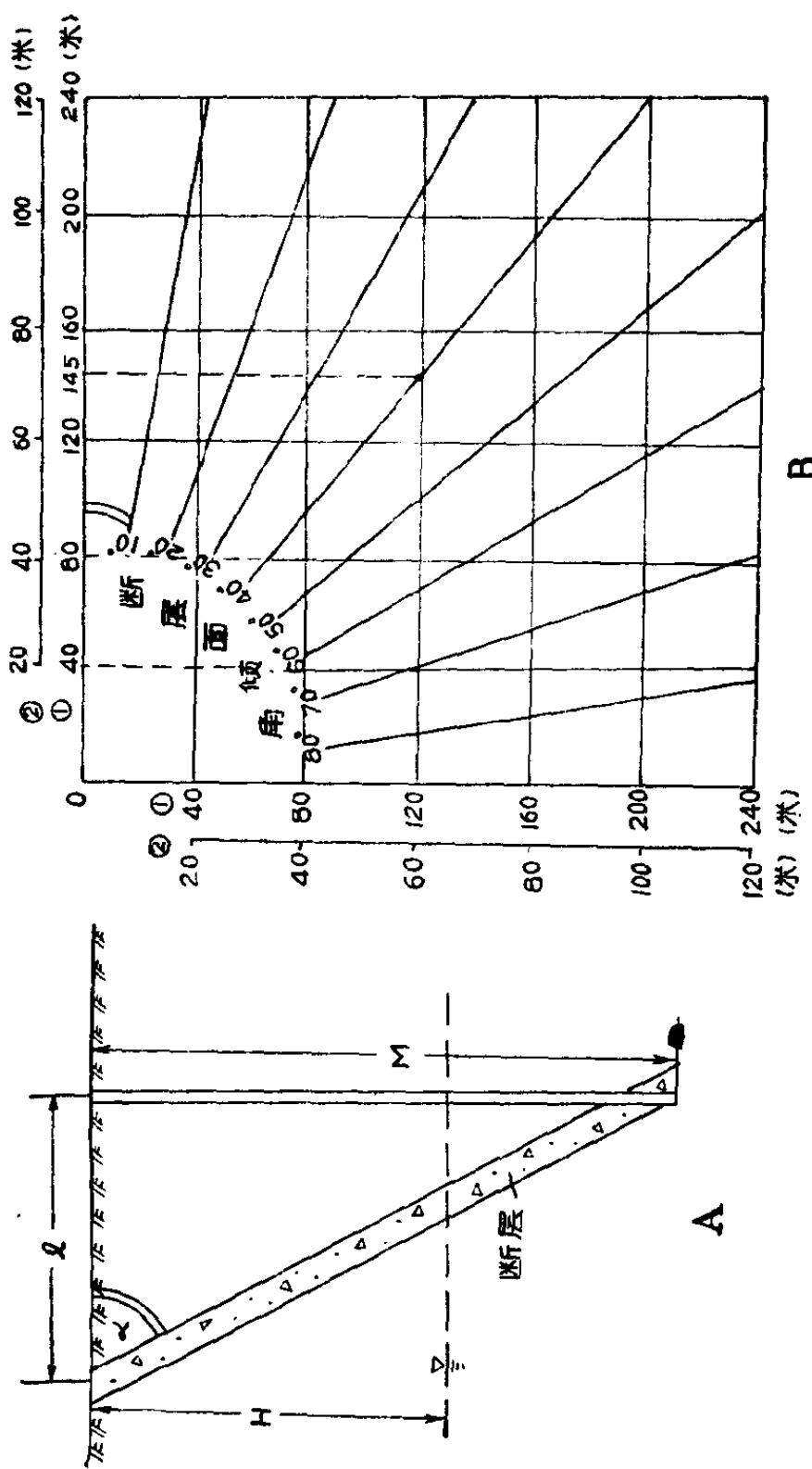


图 152

M——井的深度(米)；

α ——含水层或断层与地平面间之夹角(图152A)。

一般井深 M都是在现场依据水位埋深(M一定要大于H)和目的层的产状首先确定，然后再乘上 $\text{ctg } \alpha$ 值，便求出 l 值。另外一种简便方法就是在厘米方格纸上画上断层或含水层的不同倾角，纵座标为井深数，横座标为井位到含水层或断层的水平距离。例如测定断层倾角为 40° ，地下水位100米，见断层深度为120米，则求得水平距离为145米，依此类推(见152B)。

井位确定后，要填写定井卡片，便于检查核对。同时在施工过程中需要回访检查，一则便于随时掌握情况及时根据变化了的情况进行修改补充，二则是加深了认识，从成功或失败中总结经验教训，进一步摸索规律，以利再战。

第三章 地下水开采利用的几种形式

“群众是真正的英雄”。山区广大贫下中农在战胜干旱、开发利用地下水的长期斗争中，因地制宜地创造了很多行之有效的开采、利用和保护地下水的方法。现根据我们的调查和认识，介绍如下几种：

一、深井

深井就是利用钻机打井。此法适用于地下水埋藏较深、水量充沛的坚硬岩层中，在含水较差的岩层中一般不适宜用钻机打井。

在坚硬岩层地区用钻机打井，一般深度在70—200米或更深，孔径200—300毫米或者更大，投资费用较多，因此在选择井位时需要特别慎重。这种井可以取用深部地下水，打井进度

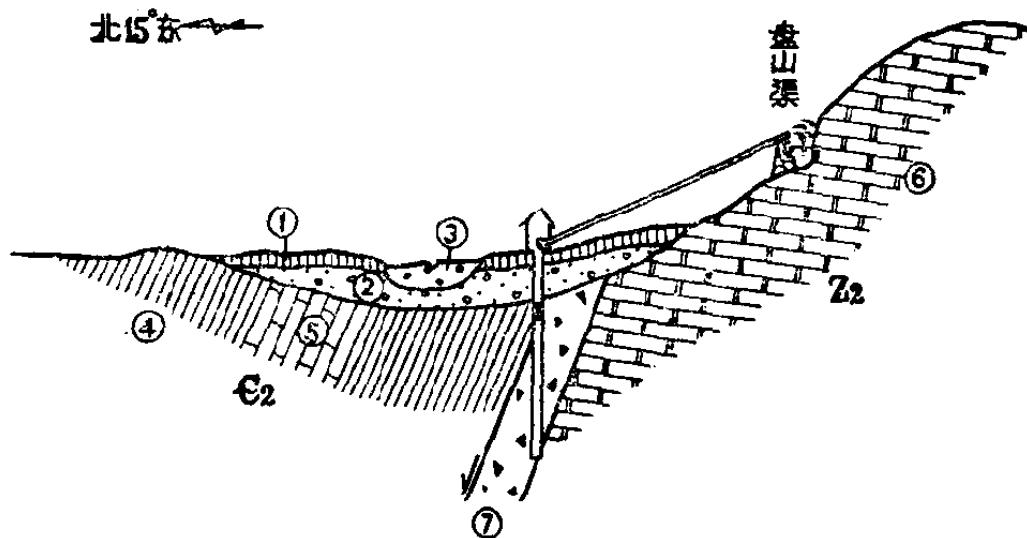


图153 深井开采示意图

①黄土；②砂卵石；③卵石层；④页岩；⑤灰岩；⑥白云岩；⑦断层带，E₂寒武系中统，Z₂震旦系中统。

较快，施工安全、方便，已为各地普遍采用。如图153。

二、竖井

人工开挖井径1—3米或更大、深度大于20米的直井。井口为圆形、方形、矩形。一般井深30—40米，深者可达百米。适用于地下水埋藏较深、水量较大的地区。但在需水量不大、地下水埋藏较深而水量又不太丰富的地区，也常采用竖井取水。

三、大口井

在地下水埋藏浅、含水不太丰富的第四系含水层和风化壳中富水的火成岩、片麻岩分布地区，常采用人工开挖直径10—30米的直井，我们把这种井称大口井。一般深度10—20米，最多不超过30米。大口井是在地下水埋藏浅和地下水源不足的条件下，实行采蓄结合或日采夜蓄、充分利用地下水的一种形式。

大口井施工方法简便，安全易行，便于发动群众，自力更生，土法上马。

四、平塘（或方塘）

山东莱西、辽宁新金等地，根据地下水埋藏浅、岩层含水性较弱和雨量较多的特点，在利于地下和地表水汇集的低洼地带，开挖宽30—60米、长50—200米、深4—8米的取水坑塘物称为平塘。

平塘揭露面积大，出水较多，又可以多存水或汇集部分雨水，加之施工方便，已为当地普遍采用，特别在花岗岩和片麻岩地区，此法效果显著。

五、斜井

斜井是人工开凿的倾斜取水工程。不少矿区用斜硐采矿，斜井就是由斜硐采矿适应而生的。这种方法适用于地下水埋藏比较深、水源丰富的地区。为施工方便和尽量减少工作量，常采用坡度35—40°、高2米、宽1.5—1.8米上拱下方的倾斜隧道。河北曲阳县灵山一带已较普遍地采用斜井取水。(图153)根据他们实践经验，斜井与竖井比较有较多的优点：在没有打深井的机械设备时，可用人工方法开采深部地下水；出碴与开凿能同时进行，加速施工进度；自然通风较好，较易排除险情，施工安全；可以穿过较多近直立的含水层(带)增加出水量；洞口位置可以有较多的选择余地，可以充分利用地形。

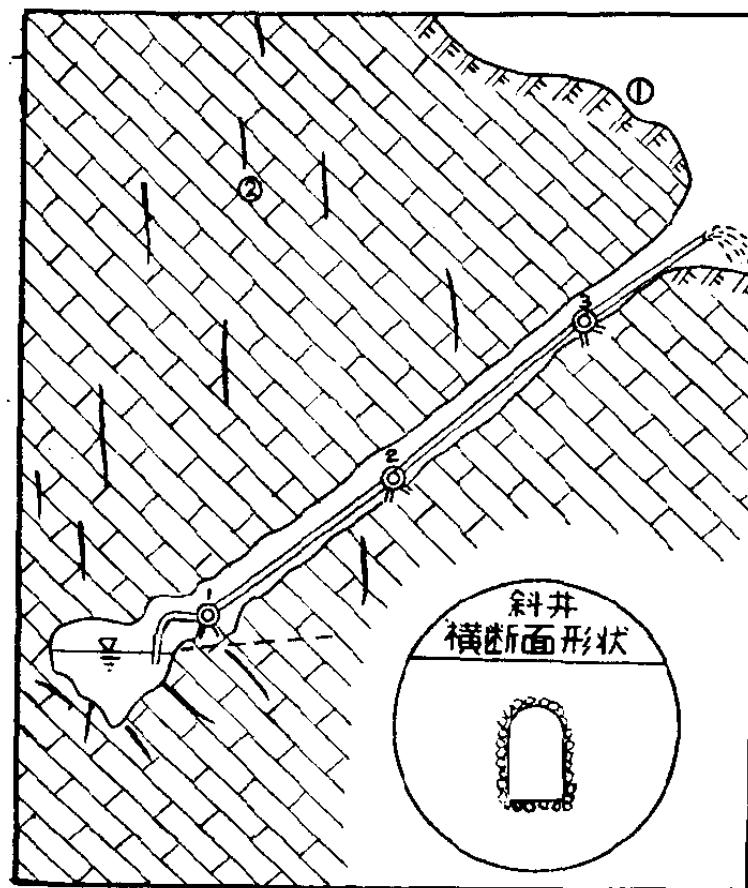


图154 斜井开挖断面图

①覆盖土； ②石灰岩。

1、2、3表示三个离心水泵。

减少打井深度；在抽水设备上可用多级离心泵代替深井泵。不足之处是：若井壁不稳，衬砌工程量大，泵体尚需要随水位变化而多次移动，使用时较不方便。

六、截潜流

河谷第四系砂砾石层中，往往有地下水向下游潜流。横截河道挖一槽至下部完整基岩，修筑一道截水墙（或称暗坝）拦截地下水叫截潜流。因截住了地下水，迫使地下水位抬高，以便引水灌溉，或在截水墙之上游一侧较深的地方预留抽水井，以备抽水灌溉之用。由于截水墙拦阻地下水流，地下水积蓄于上游砂砾石中，故又有人把截潜流称为“地下水库”。

截潜流的位置，一般应选择在地下水源较丰富、河床狭窄、第四系厚度较小和下伏岩石无严重漏水情况的地段（通过调查访问和物探测量），达到减少工程量和截住地下水流的目的。截水墙一般采用粘性土，层层夯实，在高度不超过10米时，宽度2—4米即可，若粘性土较缺时，上部宽度可渐变窄至1—2米。

施工方法：①在选定的截潜流地段，根据第四系厚度和开挖边坡确定在河床中开挖横槽的宽度，并开挖至完整基岩（槽底宽度不小于3—5米）；②抽干横槽中水或引入排水坑，及时回填粘性土，层层夯实。回填过程中，横槽中水面不得高于回填时的高度，否则影响质量。有条件的地方也可以考虑下部用混凝土浇铸；③在回填粘土墙时，在截水墙的上游一侧回填砾卵石，以增大渗透汇水能力，并在两端或河谷深处预留抽水井位，下游一侧回填较细的砂土，回填高度与原河床高度相平。

下面介绍几种截流暗坝的形式：

(一)心墙式暗坝

前述施工方法，即为心墙式暗坝的施工方法。由于暗坝与河床一样平，因此就不会影响地表洪水的排泄，形成洪水滚下无阻挡，旱时截流取水可灌田，如图155。

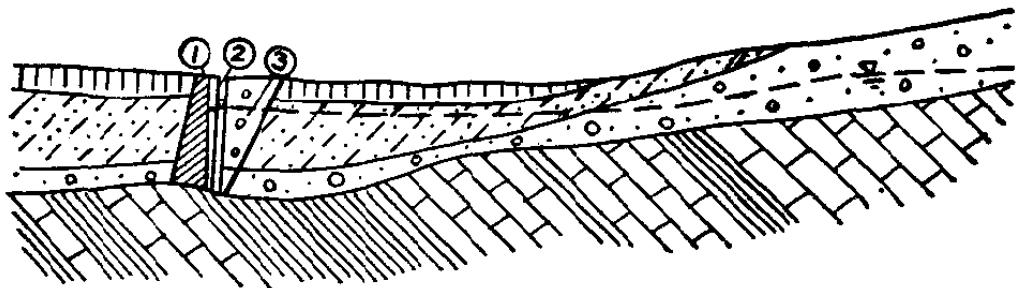


图155 心墙式截潜示意纵剖面图

①粘土心墙；②预留抽水井；③心墙上游铺设的砂卵石。

(二)廊道式暗坝

开挖方法同上，只心墙部位被廊道代替。廊道筑成拱形，上游墙壁留缝(干石砌)，下游墙壁砂浆砌实，中间成空廊，两端筑井加盖，整个廊道上游一侧回填大块卵石，然后填平即可告成(图156)。

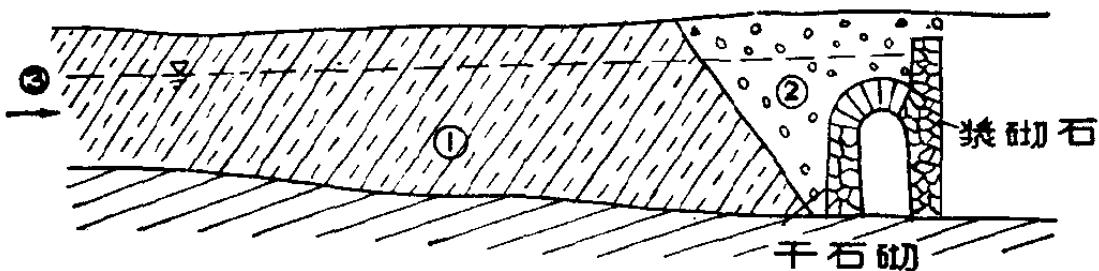
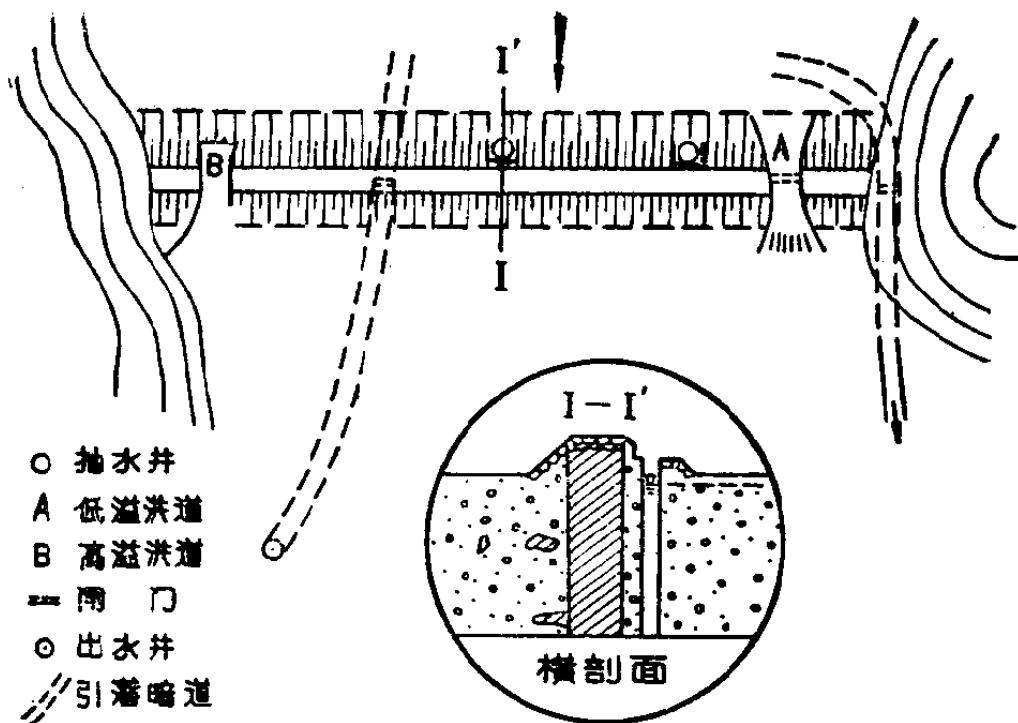
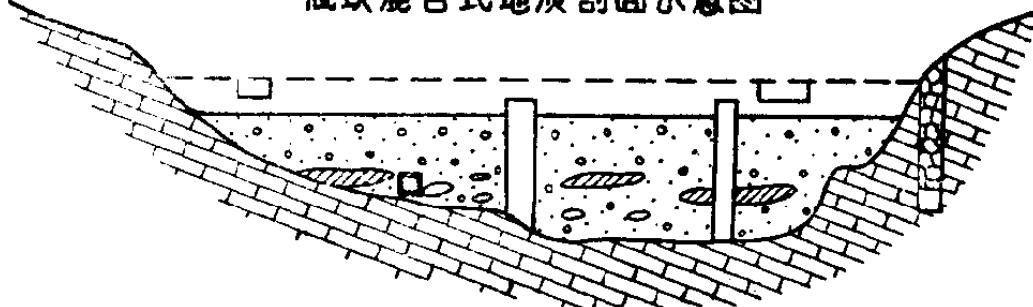


图156 廊道式截潜示意剖面图

①河床堆积物；②回填砾卵石；③地下水位及流向。



低坝混合式地质剖面示意图



资 料 说 明

地面标高	106米	开挖深度	9—10米，最深11米
施工时间	70.11.20—71.5.10	粘土宽度	3米±
用 途	灌 溉	单井抽 $S = 2M$	$Q_{max} = 40$ 吨/时
开挖长度	45米	滚水坝高出地表	
宽 度	上口20米、下口5米		2米

图157 低坝混合式截潜示意图

(三)混合式低坝

为截潜流与小水库相结合的坝，地下部分多采用心墙式。

坝高2—3米，成滚水坝形式，坝的上游一侧砌井，一端留溢洪道。另一端建引水闸。水大时，从坝上滚水；水小时，把溢洪道闸门关闭，地表水顺引水闸流入渠道自流至田间灌溉。当地称赞说“表流断，井水满，一年四季抽不干”；“旱季泵抽得高产，涝季排洪自灌浇水田”（图157）。以上这些截潜流工程可储存大量地下水。有的地方为了往下游灌溉，在截潜流工程上游开挖暗道顺坝肩或坝基通至下游较低部位留一出口，中间修一闸门，用水时开闸地下水自然流出，不用水时关闸，如图157的虚线部分所示，这种工程常称“引潜”。整个暗道上游段均低于或于截潜工程的较低部位同高，至下游缓慢抬高至地表，构成连通管状，地下水经暗道自然流出。

七、集水廊道

用于汇集地下水的廊道式建筑物称集水廊道。山区河道时宽时窄，旱季常无水流或水流甚小，为取水源常挖池打井，但逢雨季，山洪暴发，池淤井毁，很难维护。在这种情况下采用集水廊道的形式获取地下水是比较好的。集水廊道的位置应选择在河床中地下水较富集的地方，如河谷弯曲的凸岸或河床较深较窄处，横截或斜截河谷方向（尽量垂直地下水流向）开挖横槽至地下水位以下，当水量能满足要求时，可以不挖到下面的基岩，在槽中石拱廊道供集蓄地下水用，石拱墙可干砌，拱顶应在河床以下，单拱、双拱都可以，在一端或两端预留取水洞口，上部回填砾卵石或开挖的弃碴，洪水可从顶部畅流。还有用滤水管或堆石替代石拱廊道的，虽起同样作用，但效果较差。

集水廊道与截潜流的区别是：在满足水量要求的前提下，下部不一定开挖到基岩，或者只截一部分河床，便于分期分段施工；只有汇集地下水的廊道，没有拦截地下水流的截水墙。

集水廊道施工简便、灵活，在粘土较缺、河床较宽、覆盖层较厚的地方多采用。但集水廊道不提高地下水位，也不拦截地下水流，所以在同一水文地质条件下，比较截潜流获取的水量要小些。

八、井巷取水

在竖井下部开凿平巷的工程称井巷取水。井巷取水多用于含水较少的基岩区，也可以用于山间河谷的冲洪积层中，在地下水位以下开凿平巷，以穿过较多的含水层（带），增大揭露面积，相应地增加出水量，如图158。

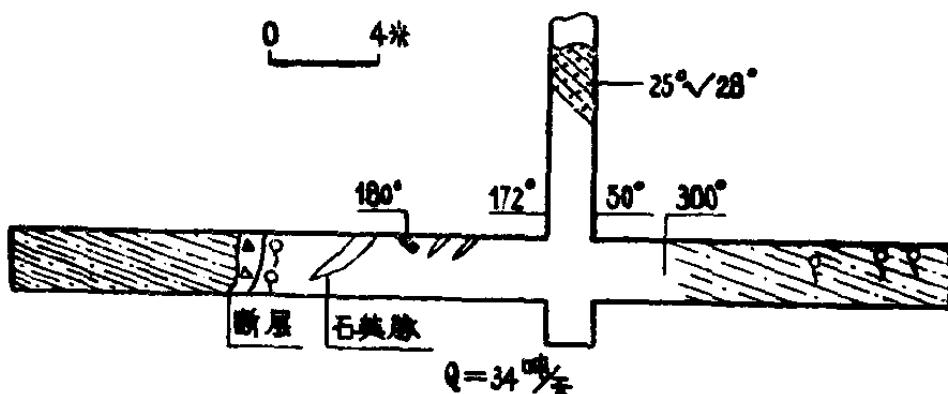


图158 东莞某地井巷剖面图

选择开凿平巷的位置及方向，主要根据地表和井下的地质情况而定，原则上要尽量垂直岩层、断层带、裂隙带和不同岩层接触带等富水地带，或者沿富水地带开挖，达到既省工又多出水的目的；若在山间河谷冲洪积层中，要垂直地下水流向。河北省武安县城关公社五街小洼地，分布石炭—二迭系砂页岩，在井深36米处向三个方向开挖平巷，总长100多米，出水量由原来的20吨/时增加到60—70吨/时。

九、群井汇流

在地下水比较丰富的地段，采取集中开采地下水的方法，使之汇流于主干渠道中，然后输送到较远的缺水地带的综合

性工程，称群井汇流。群井汇流的特点是集中水源输送较远，便于高调，解决不利打井地带的水源问题。也可将埋藏浅而丰富的地下水调到地下水埋藏很深的地区使用。河南密县崔沟大队利用群井汇流的方法，集中地下水源，建一扬水站将水扬上山岭的三万方水池中，采取平时蓄，旱时用，保浇一千多亩土地。对打群井地段的选择，应当是地下水源丰富的地段，经过长时间抽水水位基本稳定，井距视水文地质条件而定，不宜过密。

河北武安县西寨子大队，地处石炭-二迭系砂页岩分布区。村北坡岗，上覆第四纪冰积泥砾、下伏砂页岩，打井困难；村南洛河流过，阶地漫滩宽阔，潜流丰富。广大贫下中农在各级党委领导下，坚持自力更生，土法上马，连战七年，全大队打成大口井5眼，深井1眼，小井8眼，修整旧井50眼，修渠7条（全长10000多米，其中暗渠3400米，埋设铸铁管道3000米），开凿隧洞三个（420米），渡槽三座（全长100多米），倒虹吸二处（400多米），把村南洛河的河谷潜水汇流于渠，经三翻五倒引上了距村约十华里的北岗头，水浇地扩大到2550亩（占总耕地70%），粮食平均亩产由一季300斤增到了550斤。

十、泉水利用

（一）引泉

对缺水山区来说，泉水是非常宝贵的，经常为人们用来作为饮用水源，或者开渠引导泉水灌溉。由于泉水一般出露位置较低，常把泉水汇集起来扬水高调扩大浇地面积。

（二）扩泉

为增加天然泉水的流量而进行挖泉的工程叫扩泉。扩泉后有的泉水水量增加了；有的虽未增加但能自然流出便于利

用，也有的经扩泉后水量减少以至干涸的现象。

为了达到扩泉增加水量的目的，在扩泉之前就需要对泉水进行访问和实地调查，如前面利用泉找水中叙述的那样，要了解泉的形成条件、分析泉水出露的原因，然后判断扩泉后的效果。

十一、滴水归田

缺水山区，滴水为宝。滴水归田就是把流量不大的泉水，平时蓄积不使流走，旱时利用扩大效益的方法。

山西阳城县某地，过去是山高沟干石头多的缺水地带，饮水极为困难。在毛主席革命路线指引下，他们村小志气大，发扬大寨贫下中农自力更生、艰苦奋斗的革命精神，在一个每分钟只有65市斤的小泉水，采用小水大蓄的方法，将泉水用暗管引进第一集水池，然后平行地形等高线挖一引水暗道引入第二集水池，再用暗管利用倒虹吸过沟至第三集水池，最后用水泵扬至山顶万方蓄水池中。因采用了暗管暗道，虽送水很远辗转多次，但水量不耗。这样一来，不仅解决了附近村庄的饮水问题，还能浇灌四周土地（图159）。

十二、蓄水工程

（一）蓄水洞

人工开挖蓄积间歇性泉水的洞穴称蓄水洞。在地下水埋藏很深、目前开采困难、浅部又无水源的山区，雨季还是有泉水溢出的，由于出露时间短暂，直接引用泉水的时间有限，因此在泉水附近开挖蓄水洞的方法，引进泉水旱季用，便于管理和维护，清洁卫生条件大有改观。河北涉县、涞水县等地已用这种方法解决了饮水问题。

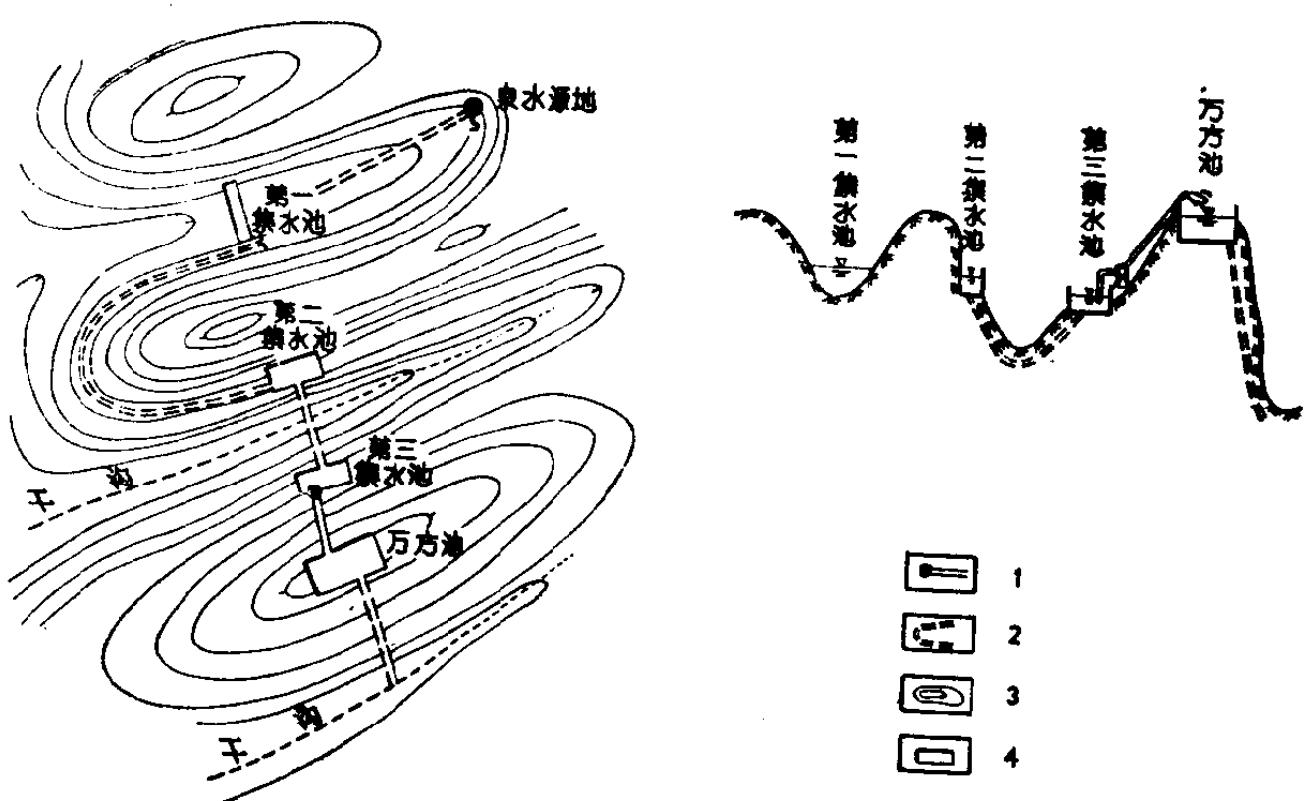


图159 滴水归田

1 泵及扬水管；2 等高线；3 集水池；4 连通管道及水平暗道。

蓄水洞的位置，要选择在岩层平缓、断裂不发育的局部隔水层（灰岩、白云岩中的薄层页岩、片岩夹层等）之上，有向斜构造更佳，当局部隔水层较厚时，也可以开挖一部分，但不能挖透此层或留的太薄，一旦留的太薄或挖透，就可能出现漏水现象。

（二）长藤结瓜

蓄水洞开凿于山体，工程较大，修水窖（旱井）工程就简便多了。为保证水源，将水窖与较小的泉水或季节性泉水的引水渠沟通，把水引入水窖里蓄积起来，称“长藤结瓜”。还有的地方利用泉水，地表水流经过的地方，根据有利地形修建塘坝、坑池，也称“长藤结瓜”。都是依靠渠水之利兴修的蓄水工程。平时蓄，旱时用，对缺水区播种用水起到很大作用。但在

修水窖时应注意防渗问题。

(三)蓄水池

蓄水池能够将平时不用的雨水、泉水、渠水或井水蓄积起来集中使用，因此在很多地方如河北曲阳、山西阳城、河南辉县等已广泛采用。适用于地下水源较缺或埋藏深开采较困难的地区。修建蓄水池应注意以下几个问题。

首先，蓄水池的位置应选择在基础稳固、使用方便(包括引水和浇地)、不受山洪威胁和大量泥砂淤积的地方，并适当考虑有利的地形。

其次，蓄水池的形状和深度视地形、蓄水量和工程量而定。常用的为方形、圆形或矩形，深度多4—8米。

再者是修建蓄水池应特别注意防渗问题，蓄水五千方至万方的大型水池更要加强防渗措施。一般防渗处理的方法是：用0.5—0.8米厚的1:3石灰和土细筛拌匀、夯实作为“保险层”，池壁用0.4—0.6米宽的料石浆砌，水泥勾缝；也有的用0.8—1.0米厚细粘土夯实作“保险层”的，防渗效果良好(图160)。当然还可用其他方法，但都要达到防渗的目的。

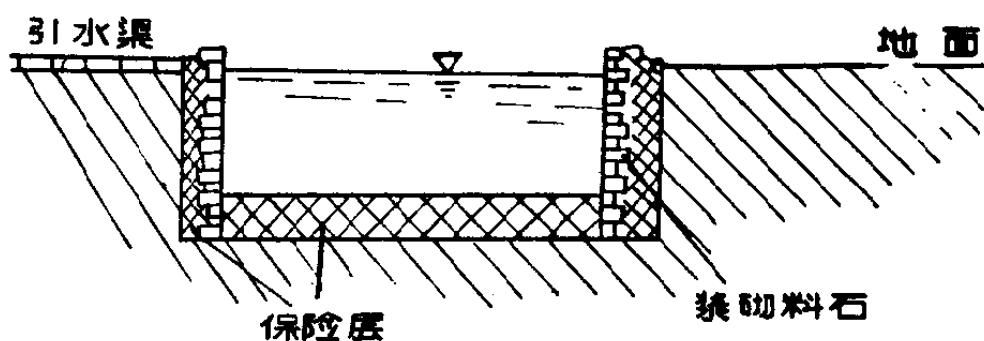


图160 蓄水池剖面示意图

十三、水土保持工程

山区沟谷中第四系堆积较薄或并无堆积，水源奇缺，几乎

常年无水，即使第四系中有水也是很少的。但逢雨季，山洪暴发为害，冲毁耕地，水土大量流失。因此，水土保持工作是改变山区缺水面貌的重要环节之一。保持水土工作虽然不是开采利用地下水的形式，但它与山区地下水是密切相关的，是保护和增加地下水的有效途径。广大贫下中农把冲天的革命干劲和实事求是的科学态度结合起来，创造了不少行之有效的方法，如闸沟蓄水、筑坝养井、修鱼鳞坑、植树造林、封山育林等，借此简单介绍一下：

(一) 闸沟蓄水

为保持水土，在沟中每隔一段距离，选择较窄地段垂直河床方向筑坝闸沟，使雨季洪水被各梯级闸坝拦截，流速减缓。所带泥砂、碎石沿途沉积，久而久之，淤平闸坝之上沟床，降低纵坡，增加第四系厚度，便于地表水大量渗入蓄存，若在沟的下游打井，则水量较大。

闸沟筑坝时，首先应从沟的顶端（沟头）开始，逐渐向下游进展。相邻两闸坝之间的距离与闸坝的高度和沟谷的纵坡相关，闸坝高间距大，纵坡大间距小。在地形条件有利的地段——沟窄岸高、上游肚大，可以将闸坝筑的高一些，作为控制性工程。坝体利用的石料，就地取材，简便易行。若山水太大

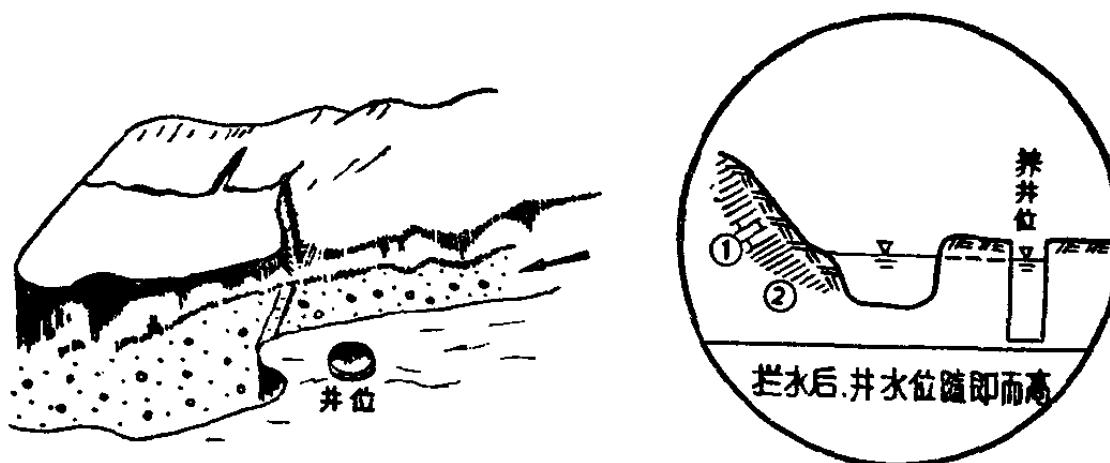


图161 筑坝养井示意图

时，可留一端或在一端开挖山体作溢渗部分，一定要保证坝体稳固安全。

闸沟蓄水工作还应与植树造林和修整梯田工作密切结合，在淤平的闸坝河床中要有计划的耕作和造林，互相促进与巩固，彻底改变山区面貌。

(二)筑坝养井

如图161，就是在井下游不太远的沟中筑一堤坝，高度略低于井口，用以拦阻洪水泥砂，抬高地表水位，加速向两岸渗流，从而提高地下水位，旱季在堤坝和淤积泥砂的影响下，地下水也不易及时排泄(地下水位抬高，迳流滞缓)。因此该井水量较以前有所增加，故称筑坝养井。

筑坝养井是闸沟蓄水的具体应用。但因上游部分未进行根治，筑坝时一定要考虑到雨季沟水对坝体的影响，预留溢洪部分，保障坝体安全。

毛主席指出：“人们的社会存在，决定人们的思想。而代表先进阶级的正确思想，一旦被群众掌握，就会变成改造社会、改造世界的物质力量。”山区广大贫下中农在毛主席关于“备战、备荒、为人民”的战略方针指引下，在治山治水的实践中，积累了极其丰富的寻找地下水和开采利用地下水的宝贵经验。上面只介绍了一部分，另外，还有如开采利用地下水的坎儿井、通河井、井塘联用、引河水上山、引泉水下山及岩溶区的提取暗河水上山，暗河洞中筑坝拦堵，洞外拦围等等，所有这些都为改变山区缺水面貌，为工农业大发展发挥了应有的作用。