

水文地质特征与找水方案的制定

——以河北省沙河市册井地区为例

魏建华

(河北省沙河市水务局, 河北, 054100)

摘要 河北省沙河市册井地区严重缺水,许多村庄的饮用水问题至今未得到解决,主要原因是,该区水文地质条件差,既没有含水性好的地层和岩石,又缺乏透水、含水性高的大型断层裂隙构造。为改变该区的缺水现状,笔者在对该区填绘 1:2.5 万水文地质草图的基础上,对区内地层、岩石和地质构造的特征及其含水性及找水前景进行了系统研究,认为该区尽管找水条件很差,但仍然存在一定的找水条件和前景,重点是要寻找和探查一些断层裂隙构造中的裂隙水,并在此基础上提出了找水布井的初步方案,选定了数个试验井位。笔者坚信,只要正视现实,遵循科学的依据、思路和方法,循序渐进,勇于实践,该区的缺水状况有望得到缓解。

关键词 沙河市 册井地区 水文地质 找水方案 断层构造

一、前言

本文所述地区的地理范围包括沙河市册井乡西南部、通元井乡大部分、高庄乡东南部和柴关乡沟谷地区,简称册井地区(图 1)。该区水资源严重缺乏,广大人民群众历来为水发愁,许多村庄长期靠饮用旱池(积水坑)水度日。多年来,沙河市人民政府及相关地质、水利部门为解决该区人民的用水问题做了大量工作,但一直未能从根本上扭转局面。为解决这一问题,笔者在填绘该区 1:2.5 万水文地质草图的基础上,对该区的水文地质特征及找水方案进行了深入考虑和研究,得出了有助于解决该区缺水问题的认识,提出了在该区找水和布井的初步方案,现简述于下,供有关方面参考,并望得到批评指正。

二、区域地理地质概况

该区位于太行山东麓,地势西高东低,地貌上以高

庄 - 通元井一线为界,东部为丘陵区,比高一般为几十米,西部为中高山区,比高在 200~300 米以上。

区内构造为一向东缓倾的单斜层(图 1),出露地层自西向东按从老到新顺序依次为元古界长城系、下古生界寒武系和奥陶系,另有零星的第四系。其中,长城系(Zc)岩性为单一的石英砂岩层,地貌上多形成高山和悬崖峭壁;寒武系(Є)下统以红色、咖啡色泥质页岩为主,中统以不纯灰岩和鲕状灰岩为主,上统以薄层至中厚层不纯灰岩、竹叶状灰岩夹板状页岩为主;奥陶系(O)同整个华北地区一样,只发育有下、中二统,下统以厚层 - 块状白云岩为主,中统以厚层纯灰岩为主;第四系(Q)多为河流相冲洪积砾石层,零星分布于各个现代河谷中。

断层构造不甚发育,规模较大者仅见 6 条。因为该区断层构造对找水意义较大,下面特做较详细阐述。

(1)贾沟断层(F1) 北东走向,西南起于八十县,向北经康川村东、贾沟到册井南山南坡,可见长度超过 2000 米。在八十县村内旱池东南的人工地坎处,见宽约 3~4 米的压碎状和碎裂状奥陶系下统白云岩带,岩

收稿日期: 2009-2-25

作者简介: 魏建华(1958-),男,矿产地质和水文地质工程师,长期从事矿产地质和水文地质勘查工作。联系电话: 0319-8631973,电子邮箱: wei8631973@163.com

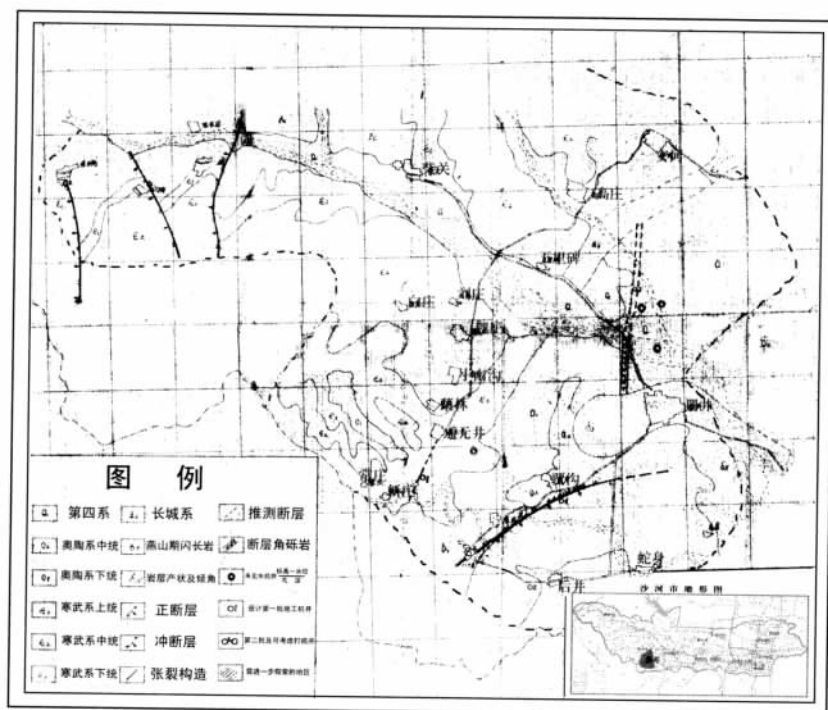
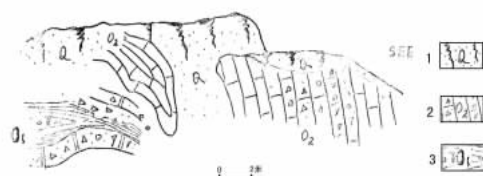


图1 册井地区地质构造略图(附交通位置图)

石呈大小不一、散乱分布的疙瘩状,表面具凹凸不平的水蚀痕迹。该带西侧的白云岩中节理发育,并有较多不规则水蚀孔洞。由旱池向东北方向追索,在村内该带虽多被覆盖,但在其延长线上有一宽数米的软土带,老乡的许多储藏窑就是沿该线挖掘的,在2~3米深处只见粘土和碎石而未见完整硬岩,而在该带两侧,则地表可见断续出露的基岩,说明该断层带的存在。向北到八十县村外,亦为第四系覆盖,但到康川村以东的山坡上,大量由奥陶系中统形成的石灰角砾岩呈北东向带状分布,到康川东北部的峡口处,河道两侧岩石受强烈挤压,形成不规则小褶曲和角砾岩(图2),显示了断层带的存在。沿断层带继续向东北方向追索,沿线随处可见角砾岩、压碎岩。贾沟南山角砾岩带宽15~20米,两侧还有各宽20多米的碎裂岩带。从贾沟向北,断层带沿贾沟-册井山路发育,然后逐渐转为北东东向(60°左右),沿册井南山南坡延伸,但有逐渐减弱和分散趋势。从新填的地质图上看,该断层使北西侧的康川东北一带的奥陶系中下统的分界线相对于南侧朝东北错移约600米,显示出该断层的规模。从图2可以看出,断层使两侧岩层产状陡立,并形成紧闭褶曲,显示出是受挤压而成,且断面向南东陡倾(倾角 $>30^\circ$),故该断层应属压性高角度逆冲性质。

(2) 册井西北碎裂岩带(F2):在册井村西北约500米的红坡塘南侧,发育一宽约100米的南北走向碎裂岩带。在该带内,奥陶系下统的中厚层状白云岩层呈大小不等的块体杂乱分布(图3),有的则像是按正常产状发育的岩层被撕裂成几块,而仍保持相近的产状,在块体之间的裂隙中充填着大小不一的角砾、碎石和红粘土,大多数裂隙显示出近似的产状,均呈南北走向,向西倾斜,倾角 $75^\circ\sim 80^\circ$ 。这可能代表了碎裂岩带的大体产状。碎裂岩带可见长度约500米,向南坡册井闪长岩体切断,向北被河床卵石掩盖,再向北沿其延长方向追索,为大片黄土分布区,露头少见,未见痕迹,表明在黄土层下应有一定延伸。根据该碎裂岩带虽宽度大但无明显挤压迹象,判



1第四系坡积土 2奥陶系中统灰岩、角砾灰岩 3奥陶系下统角砾白云岩、黄绿色页岩

图2 康川东北山口西侧贾沟断层(F1 西盘)剖面图



1第四系坡积土 2奥陶系下统白云岩 3碎裂岩

图3 册井红坡塘西北碎裂岩带(F2)剖面素描图

断应属张裂性质,因此该碎裂岩带是向深部延伸,其宽度呈V状收缩而逐渐变窄。

(3) 王脑断层(F3):位于工作区西部,南北走向,南起北盆水,北经王脑、温家圆村东。在王脑村附近,该断层使西侧的寒武系中下统地层相对东侧向北错移800

米。沿断层带分布着深沟峡谷,因沿线被坡积碎石覆盖,断层带的组成物质特征和产状难以分辨,据宏观特征,断面向西陡倾,倾角在 80° 以上,其性质为正断层。

(4)石门沟断层(F4):位于王脑断层以西,沿北西向的石门沟谷发育。在石门沟村附近,该断层使南侧的寒武系下统相对北东方向朝北西错移300多米。断层性质为正断层,断面向南西陡倾,倾角 80° 以上。

(5)绿水池断层(F5):位于绿水池,近南北走向,沿沟谷发育,断面向南东陡倾,倾角 80° 以上,断层使东侧的地层相对向北错移500米,亦为正断层。

(6)通元井破碎岩带(F6):位于通元井村南,北东走向,发育于寒武系上统中。在通元井-新庄大路旁见宽1.5~2米的角砾岩(图4),走向北东 10° ,倾角直立,

此外,在贾沟村北,有一条走向近东西的小断层,发育于奥陶系中统,沿线有石灰角砾岩分布;康川村西,有一条北东 60° 走向的压碎岩带,发育于奥陶系下统白云岩中。在通元井村东的寒武系上统中,有两条略宽(0.3~0.5米)的、平行的走向近东西的角砾加粘土带。二者均为一点露头,因规模小,周围又被第四系覆盖,岩层走向追索未见踪迹,找水意义不大,在此从略。

区内火成岩仅见两个闪长岩体,其一在册井-全呼一带,另一在后井与蛇身之间,岩石均呈灰白至淡红色,具中细粒结构、块状构造,主要矿物成分为斜长石和角闪石。岩石易风化,地貌上多呈平坦盆地。在册井西北一带,围岩为奥陶系中统纯灰岩层,而且在接触带附近,围岩破碎形成角砾岩。

三、水文地质特征

1. 岩层含水性

(1)长城系石英砂岩:岩石结构致密,无孔隙,加之性质坚硬,化学性质稳定,抗风化性强,地表地下水对其无明显溶蚀作用,因而属强不含水岩层。虽然该岩层性质较脆,在构造力作用下形成节理,但因向地下延伸,围压增大,这些节理均逐渐封闭而使其不能含水,故不能凭其地表节理发育程度来确定地下水的有无。但当该岩层受到较强大构造力的作用而形成较大规模断层(特别是张性正断层)和压碎岩带时,亦可形成透水、含水裂隙构造带,从而蕴藏一定量的地下水。

(2)寒武系下统页岩:为粘土质、性软、塑性较强、强不透水层,即使其中有断层通过,也因其受力后形成更细的粘土或糜棱岩而不能透水和含水。

(3)寒武系中上统灰岩:以中统的张夏组灰岩为代表,岩石质纯,虽具鲕状结构,但结构致密,无孔隙发育,因而就其岩石本身来说,不能含水。但因其性质较脆,易形成节理,而且石灰质易被水溶蚀搬运,故野外常见该灰岩被许多宽窄不一的节理缝切割,形成豆付状岩块,且沿节理缝有明显溶蚀痕迹,有时裂缝宽达10~20厘米。可见,虽然该层岩石不含孔隙水,但若在潜水位以下,节理缝中亦可赋存一定量的地下水。

(4)奥陶系下统白云岩:该统下部厚层至巨厚层中粗粒白云岩较易被风化和溶蚀,地表常出现形态不一

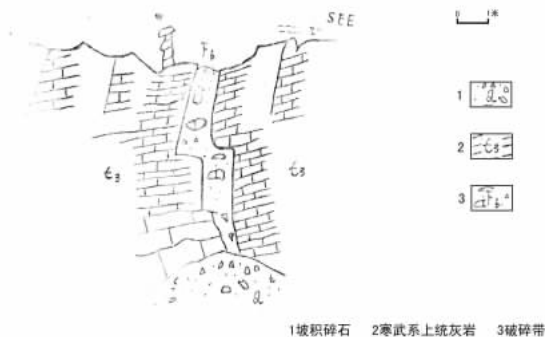


图4 通源井村南庙云头破碎带(F6)剖面素描图

沿走向南北延伸部分均被第四系农田覆盖,到南西150米的庙云头陡崖的天然剖面上,倾角直立,但有向东南摆动之势。在上述两露头点之间的农田中,通过四条探槽的揭露和追索,两处可相连为一体。组成该破碎带的岩石在近地表处为钙质胶结的角砾岩,向下则为未胶结的压碎石灰岩,质地疏松。因此,尽管此破碎带规模较小,但为一良好储水构造,若能追深到潜水位以下,可能有丰富地下水赋存。该破碎带向南被河床砾石、向北为农田所覆盖。通过追索和调查,在通源井村内该带延长线上分布的大片坚硬基岩中,发育有一条碎石夹红粘土的软弱带,推测可能为该破碎带的向北延续部分。因此,该带的总长度则将达近千米。鉴于该破碎带两侧岩层产状稳定,而且在庙云头露头处角砾岩带侧壁面上有水平擦痕,判断该破碎带属张兼平移性质。

的凸石且有小型溶蚀洞,在潜水位下,可形成较弱的含水岩系。需指出的是,在通元井东山一带,该层节理密集带中的岩石呈疏松砂状,当地居民挖掘了许多砂坑,有的深达数米,砂带外貌粗看起来很像一条压碎岩带,因此一些找水工作者将其视为含水构造,并沿其布井找水,结果遭到失败。经细致观察和追索,该砂带是由于岩性和节理及风化综合作用而形成的。其分布只限于奥陶系下统下部粗晶白云岩而不能延至其他层位,因而不可视为断层带,当然,若在潜水位以下找到该层中的碎砂带,亦可获得较丰富的地下水。然而,因为砂带在本层只分布在节理密集带内,而非普遍发育,所以在地下深处找到它是十分困难的。

(5)奥陶系中统灰岩:该层灰岩质纯、厚度大、易被水溶蚀和搬运,加之岩性较脆,强度较低,在构造力作用下易碎裂,因此在该层中可见到较多角砾岩、碎裂岩以及大大小小的溶洞,为公认的富水岩性。一般认为,只要该层处于潜水位以下,即可含有较丰富的地下水。但近年在该层中施工的一些钻孔有的却未见水或水量很少,可见上述认识和概念也是不够全面的。尽管该层易被构造作用破坏和被水溶蚀,但也不能一概而论,因为只有在断层挤压带、破碎带中及其附近才发育有较多的角砾岩、碎裂岩和溶洞,所以在该层中布井找水亦应以构造带(断层带、压碎带等)为主要依据。

(6)第四系:因为分布零星和厚度小,而很少能保存住水,只有在厚度较大且下伏和下游有不透水基岩阻隔的情况下,才有少量浅层水赋存。

(7)闪长岩体:岩石结构致密、岩性坚硬,尽管地表可见较多节理,但向地下将逐渐封闭和消失,为强不透水和不含水岩层。但在浅部,当风裂隙带保存较厚,其下又有不透水的新鲜岩石阻隔时,可有少量上层滞水。

2. 断层构造的含水性

许多文献认为,断层构造的含水性与断层的性质、规模,断层带的物质特征等有密切关系,而最重要的则是从断层的性质方面去探讨和分析。一般认为,张性或正断层含水好,而压性或逆断层则含水较差。我国著名地质学家、水文地质学家纪广俭根据多年找水实践经验认为,决定断层构造含水性的因素不仅仅是断层的性质,而断层所处的岩石性质更具有重要的意义。例如发育在石灰岩、白云岩等碳酸岩层中的断层构造,无论是压性还是张性断层,均因岩性很脆而在构造力作

用下极易破碎而在断层带中多形成含水性、透水性极高的角砾岩带,因而当处于区域潜水面之下时,这样的断层构造带一定是很好的含水带。相反,当断层发育在泥质页岩中时,则无论是压性还是张性断层,都会使断层带形成结构细腻的糜棱岩或泥化带,更不会透水和含水了。发育在花岗岩类火成岩中的断层带,因花岗岩富含长石,在构造力的作用下,极易形成高岭土化带,因而不透水和含水。同样,发育在暗色矿物较多的基性、超基性岩和变质岩中的断层构造带,则往往形成绿泥石片岩带,因而不透水和含水。根据这些认识,当考虑、分析断层构造的含水性时,必须综合考虑其两侧岩石的组成和性质。只有这样,才能得出符合客观规律的正确认识和预测。下面仅据此对本区各类岩石中的断层构造的含水特征做一分析。

(1)发育在寒武-奥陶系碳酸岩(石灰岩、白云岩)中的断层构造:沿断层带不仅常有透水性高的角砾岩、碎裂岩发育,而且因岩石易被含 CO_2 的水溶蚀、搬运,沿裂隙形成大大小小的溶洞,因而是丰富的含水构造带。

(2)发育在长城系石英砂岩中的断层构造:沿断层带也可形成角砾岩、碎裂岩带,但因岩石本身具有较强的化学稳定性,不能被水溶蚀和搬运,致使已形成的构造裂隙不能继续扩大,致使储水空间有限,加之越向深部,因围压增强,角砾岩、压碎岩及碎裂岩、节理带中的缝隙均逐渐减小和封闭,导致构造的透水性 and 含水性受到极大限制。故发育在石英砂岩中的断层构造带可以含水,但量较小。

(3)发育在寒武系各层页岩中的断层构造:因页岩塑性强,断层带多由粘土组成,故为不透水和不含水带。

(4)发育在闪长岩中的断层构造:因其中的主要矿物长石受力挫碎后易发生高岭土化和绢云母化,而形成不透水的断层泥和高岭土化带,因此不能含水。只有在没有形成高岭土化带而只形成角砾岩、碎裂岩的较大规模的张性断层带和较大规模断层泥带旁侧的碎裂岩带,才有一定量的地下水赋存(区内尚未发现此类构造)。

3. 侵入体接触带的含水特征

目前尚未见到有关区内石灰岩和闪长岩接触带含水特征的资料,但一些找水工作者把接触带看成好的

含水带。根据我们观察,接触带上的石灰岩均已大理岩化和矽卡岩化,无明显含水构造形成,因此我们认为它不是好的含水带。邻区的一些钻孔资料也证明,接触带并非都含水,因而决不能单凭接触带的存在就布井找水。接触带有的因存在闪长岩体而成为强不透水岩石,当其上部灰岩中有含水构造时,可使其中地下水向深部流动,起到抬高地下水位的作用或形成泉。因此我们认为,在接触带附近找水,亦应把着眼点放在围岩中的含水构造上。

4. 地下水露头 and 潜水位

迄今为止,区内尚未发现任何地下水露头,仅在册井、后井闪长岩体风化带和通元井一深十几米的古井中有少量上层滞水。

区内潜水位标高如下:

册井村西北机井:井口标高 350 米,井内稳定水位深 90 米,潜水位标高为 260 米;

通元井村东机井:井口标高 385 米,井内稳定水位深 120 米,潜水位标高为 265 米。

可见区域潜水位高程在 -260~270 米间,且随地面高程变化略有起伏,西高东低。

四、找水方案

1. 指导思想

根据上述对区内岩石、构造含水性的分析,证明区内除在处于潜水位以下的奥陶系中统石灰岩层内可能有溶洞水蕴藏外,其余各套岩层均无确切和好的含水层,不存在面状分布的地下水源。欲在本区找到地下水源,重点是碳酸岩中规模较大的断层裂隙构造带。但区内各断层构造的规模普遍较小,没有确切和充足的迹象和证据,某些断层两侧的岩石碎裂程度也不够剧烈,加之区内地势较高、潜水位低等各种特征,造成本区地下水资源的不足和不确定,给找水布井带来很大困难。我们必须充分认识到这一困难,并在此基础上制定切实可行的找水方向和方案。

2. 采水井位部署意见

(1)贾沟断层带:为区内已知条件最好的含水构造带,且穿经八十县、康川、贾沟 3 个村庄及大片农田。开发后,不仅可以解决这 3 个村庄的人畜用水问题,还可

浇灌沿线农田,故应首先重点开发。建议先在贾沟施工一眼水井,成功后可逐步扩展到康川、八十县及册井南山南坡。

(2)册井西部碎裂岩带:岩石碎裂程度和角砾岩化虽较差,但规模大,虽属张性,向下逐渐收缩变窄,但宽达 100 多米,将有一定延深,据此预测在潜水位以下仍有发育,并蕴藏较丰富的地下水,建议先在北端的红坡塘施工一眼井,待见水后,可向南每隔 200~300 米依次布井。在红坡塘以北,断层被河道卵石及黄土覆盖,推测仍有延伸,可在河北的延长线上施工一眼井,如见水,可继续向北按一定间距(如 200~300 米)布井,依次施工,如能延至高庄村东和安河村南,则该区各村庄的用水问题将得以较好的解决。为防止该构造带向深部收缩,除针对构造打井之外,该构造带内的井位应布置在中间部位。

(3)通元井破碎带:虽规模较小,但破碎带角砾岩松散,透水性和含水性均较高,同时考虑到通元井破碎带是全乡范围内发现的唯一这一条较好的含水构造,若能施工见水,不仅可解决通元井村的用水问题,而且可为在小型构造带中找水提供成功的范例和经验,有助于解决地质条件类似的地区的用水问题,故建议在该构造上施工一眼机井。只要在预定深度(200 米左右)见到该构造,则不仅通元井村的用水问题可以得到解决,而且也为邻近村庄水源的解决提供经验。

考虑到该构造带宽度小且产状直立,如果倾向和倾角在垂向上有所摆动,就很难在预测深度打到构造带,为把握起见,需先施工一眼探水井,用以查明断层深部的倾向和倾角及其规模和含水性,然后再视具体情况确定和施工采水井。探水井口径应在 110mm 以下,井深 160 米,倾角 $80^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 。

(4)北盆水、石门沟和绿水池断层:在通过居民点处,3 条断层均发育于长城系石英砂岩中,含水性相近。鉴于发育于该石英砂岩中的断层带的含水性在本区及邻区尚无成功先例,不宜仓促行事,建议先在其中一条上打一眼探水井,待取得数据和经验后再决定下一步行动。探水井位选在北盆水断层北段温家园村东,口径小于 110mm,井深 200 米。

(5)后井村西奥陶系中统灰岩:位于闪长岩体两侧,见有一条层状角砾岩带,且附近岩石破碎,可考虑

再此处施工一眼井。但因闪长岩埋深不清,应慎重行事,决策前须先用电法查明闪长岩的埋深。只要这里的奥陶系中统灰岩埋深在200米左右,则水的问题将不会很大。

(6) 蛇身附近奥陶系中统灰岩:位于闪长岩体东侧,仅在村南见一平缓的小背斜构造,未发现断层构造和角砾岩带等,且闪长岩埋深情况不明,须待电测确定闪长岩的埋深和后井村两眼井施工后,再做具体决定。

另外,在册井闪长岩体和后井、蛇身闪长岩体间以及贾沟与高窑之间为大片奥陶系中统灰岩区,如果该层灰岩的延深可达到潜水位以下一定深度(150~200米左右),则该区将为一富水远景区,可考虑系统开发。为此,建议在上述两个闪长岩体之间做一电法剖面(南北向,长2公里),查明灌区深部有无闪长岩体及其埋藏深度。

3. 需要考虑的问题

(1) 断层深部产状的变化:许多断层构造虽其地表产状很容易确定,但向深部延伸不一定是稳定的,常有各种各样的变化。仅就倾角来说,若变缓则可使钻井过早穿过,而达不到潜水位,造成干井;若倾角变陡,如果井位选择不当,则可导致钻井过深,特别是当断层的倾角陡立时,向深部延伸往往会左右摆动或转为反向倾斜,如不查明情况,井位布置在反倾向位置,就根本打不到断层,造成干井和浪费。这是许多取水井未能成功的一个重要原因。为此,查明断层深部产状的变化是非常重要的。为达此目的,需要充分认识并认真考虑研究,同时还要不断提高找水工作者自身的实践经验和素质。

(2) 钻井深部岩石性质的变化:沿构造带布井时,重点考虑的不是构造带在地表穿过的是什么岩层,而是在潜水位之下是什么样的岩层性质和含水特征,因为只有那里的岩层才决定着构造的含水性。这个问题虽然简单,若被忽视往往也会造成失败。

(3) 先行试验,突破重点,逐步推开:为鼓舞士气,坚定信心,应首先选定一、两处见水希望最大的井位施

工,待取得突破见水后再逐步推向其他。井位布置的前提是:有确凿的含水构造带,且其性质、规模和产状已基本查清。

(4) 必要时应先打探水井:考虑到打井费用较高,有些井又见水把握不大,同时考虑到有的断层构造产状向深部延深情况可能有变化,为了避免失败和浪费,可考虑先打小口径探水井,藉以摸清断层的延深、产状的变化及含水性等,然后再根据探井情况,确定采水井位置和施工方案。

五、结语

如实地说,本区的含水条件和找水前景并不看好,但若进行细致入微的勘查研究,仍会发现一些线索,存在一定的找水前景。如所周知,地下水的赋存主要取决于两个条件,一是有无好的含水岩系,二是有无好的含水构造。调查证明,本区没有含水较好的地层(奥陶系中统灰岩稀少),因此找水的主要目标只能放在含水的断层裂隙构造上。遗憾的是,该区的断层构造亦不很发育,已发现的几条断层构造也存在着规模小、破碎带不发育、迹象不甚明显以及产状陡立等缺憾,给找水前景和采水井的布置造成较大困难。我们必须正视这些现实、本区找水布井的基础和前提,只有这样,才能提高打井的成功率,尽量少造成空井和浪费。为此,建议在找水布井时一定要慎重考虑和对待本文前面所提出的几个问题。

最后,笔者在撰写本文的过程中还深切体会到,为了提高寻找地下水源的成功率,必须首先应用地质勘查和研究方法查明区域地质和含水岩层、含水构造的情况和特征,而其他各种找水手段和方法只能起到对地质研究方法的补充和辅助的作用。

笔者在野外勘查和撰写本文期间,恩师纪广俭曾亲临现场指导,协助解决各种地质疑难问题,并对本文进行了系统、细致的审查,在此谨致以最诚挚的谢意。