

综合物探在内蒙古灰岩地区寻找深部岩溶水的应用效果

田林浩^{1,2} 李志¹ 丁天才¹ 龙文华^{1,2}

(1.内蒙古自治区地质调查院 内蒙古 呼和浩特 010020;

2.中国地质大学 北京 100083)

摘要: 内蒙古地区寻找深部岩溶水是一个新课题。由于灰岩埋深大,一般在 200—1000m 之间,上覆地层有第三系泥岩、白垩系泥质砂砾岩、二叠系砂岩夹泥岩和石炭系砂岩夹泥岩、夹煤层。在这种地质条件下,利用综合物探方法能比较准确地确定灰岩的埋深、构造破碎带的位置及其富水性,只有了解了各种物探方法的有效性,才能更好地在岩溶水勘查中发挥其作用。本文叙述了笔者在近几年实际工作中的一些认识,目的是相互交流,互相促进。

关键词: 棋盘井 深部岩溶水 综合物探方法 反射波组面 异常特征

序言

桌子山地区棋盘井镇是内蒙古自治区鄂尔多斯市鄂托克旗的工业重镇。随着厂矿企业的增加和人口的增长,现有的水资源已不能满足经济发展的需要。过去,在桌子山地区曾打过许多岩溶水井,主要分布在桌子山周边的灰岩出露区和灰岩浅埋区,井深一般在 100—200m 之间,涌水量在 1000m³/d 左右,少数可达 3000m³/d。具有代表性的岩溶水井是棋盘井镇附近的 107 孔,该井含水层为奥陶系桌子山组灰岩断层破碎带,井深 182.05m,涌水量 2800m³/d。这些都说明这样一个问题,即在该区大面积灰岩分布区域,孕藏有岩溶地下水。通过水文地质调查表明,已施工的钻孔主要分布在近东西向的实测正断层上,且大部分是在灰岩出露区,极少部分位于灰岩埋深厚小于 150m 的覆盖区,而随着经济开发区的需要,在深部灰岩区寻找地下水已迫在眉睫。

根据岩溶形成环境和条件,埋藏较深的灰岩中同样赋存有地下水。这就需要运用物探方法在该区深部寻找与岩溶发育有直接关系的构造破碎带,了解其规模和赋水程度,从而达到寻找深部岩溶水的目的。通过二 年至二 二年两年多的工作实践,我们认为只要合理运用综合物探方法来圈定构造破碎带、从而间接圈定岩溶富水区,确定钻井位置,以达到寻找深部岩溶水的目的,是经济快捷、行之有效的手段。尤其是随着电子技术的发展,地震仪器抗干扰性的增强、采集数据精度的提高和数据处理软件的完善,使地震测量在划分地层界线、寻找和确定构造破碎带等方面地质效果更显著。

1、工区地质、地球物理特征

1.1 地质特征

桌子山地区棋盘井镇地处鄂尔多斯盆地边缘,主要地层是白垩系泥质砂砾岩(K) 二

作者简介: 田林浩,男,1959年生,物探高级工程师,中国地质大学硕士生。长期从事地球物理勘探找水工作。

叠系砂岩夹泥岩（P）、石炭系砂岩夹泥岩和煤层以及奥陶系灰岩（O）。奥陶系灰岩是物探勘查的目的层，其它地层包括煤层是利用电阻率测深和极化率测深方法确定构造破碎带的干扰层。

奥陶系灰岩中发育有溶洞、溶槽、溶渠等，是地下水的良好聚集处，故赋存有岩溶水，且灰岩属脆性岩石，在构造作用下，灰岩破碎程度高，极易形成大量的裂隙带，这些裂隙带是贮水的有利部位。

据区内地质资料推断认为，该区主要为两组近东西向的正断层和近南北向的逆断层，在灰岩深埋区的棋盘井工作区存在 F_2 、 F_{27} 、 F_{28} 三条正断层和次级逆断层（图 1）。但受多期构造的作用，区内的构造形迹极为复杂，地表很难划定构造的位置。因此，确定这些隐覆断层就是本次物探勘查的首要任务了。

1.2 地球物理特征

区内各地层岩性的地球物理特征见表 1。由表中数据可知，奥陶系灰岩的视电阻率值在 500 ~ 1500 $\cdot m$ 之间，波速为 3800 ~ 4000m/s 之间，均明显高于上覆白垩系、石炭系、二叠系地层。所以利用电法和浅层地震法就能很好地圈定灰岩的顶板埋深。而含水破碎带则表现为低电阻（视电阻率在 80 ~ 150 $\cdot m$ 之间）、相对高极化（视极化率在 2.0 ~ 3.5% 之间）、低波速（波速在 1500 ~ 1600m/s 之间）特征，且由于其岩层破碎，会出现质量亏损，而显示重力低特征。破碎带的这些特征，与奥陶系灰岩、甚至上覆石炭、二叠系地层物性特征形成非常明显的差异，由此投入电法、地震法、重力勘查，则会很好地圈定隐伏断裂带的位置，进而达到寻找岩溶水的目的。

地球物理参数统计表

表 1

地层时代	岩性	视电阻率值 ($\cdot m$)	视极化率值 (%)	波速 (m/s)	密度值 ($10^3 kg/m^3$)
白垩系	砂砾岩	20 ~ 40	1.0 ~ 1.5	2800 ~ 3200	2.00
石炭、二叠系	砂岩夹泥岩和煤层	70 ~ 200	1.5 ~ 2.0	3200 ~ 3500	2.36
奥陶系	灰岩	500 ~ 1500	1.0 ~ 2.0	3800 ~ 4000	2.28
	含水破碎带	80 ~ 150	2.0 ~ 3.5	1500 ~ 1600	

2 物探方法特点及综合运用

2.1 物探方法特点

在实际工作中我们为控制构造破碎带的走向布置了几条勘查剖面，这里选取一条典型综合物探（包括重力测量、视电阻率测深、视极化率测深、联合剖面 and 地震测量）剖面（剖面）进行分析研究物探方法特点及综合运用方法。

2.1.1 重力测量

重力测量具有勘探深度大,工作效率高,原始资料的处理和正反演解释由计算机进行等优点。本次重力测量采用测点点距为 100m,异常段加密至 50m。见图 2,布格重力剖面曲线总的趋势从北向南逐渐降低,最低值为 $-2.5 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。反映了下伏高密度的石炭、二叠系和奥陶系地层从北向南埋深逐渐加深的特点,在 110、130、160、190、210 和 240 点附近存在局部较明显低值异常,这些低值异常部位可能是深部构造的反映,推测石炭、二叠系地层和灰岩地层的顶板埋深,可能在这些部位存在落差几十米至上百米的局部下陷地段。

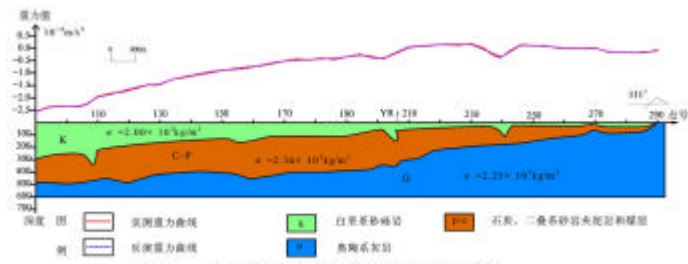


图 2 桌子山地区剖面重力测量综合图

2.1.2 视电阻率测深和视极化率测深测量

众所周知,视电阻率测深、视极化率测深是探测地层的垂向导电特性和二次场放电特性的方法,其探测深度一般是随着供电电极距的增大而加深,对探测浅部地质体效果明显。实际工作中取最大 $AB/2=1500\text{m}$,最大供电电流 4 安培,点距 500m,异常段加密至 50m。主要目的是确定地层的深度和厚度,进一步证实重力测量推断结果及其含水性和富水程度。

由图 3 可见,从 $AB/2=1000\text{m}$ 开始,视电阻率值随电极距的增大而快速升高,显示出基底(灰岩)的地电特征。大于 60 $\cdot \text{m}$ 的视电阻率等值线从北向南逐渐下降,反映出奥陶系灰岩的埋深状况,与布格重力剖面曲线所反映的一样。在 200~230 点之间,视电阻率大于 40 $\cdot \text{m}$ 的等值线出现 2 处明显的局部向下弯曲带,视极化率等值线存在其值大于 2.0% 的半闭合圈,认为是储水构造破碎带存在的等值线形态特征反映,所以解释推断认为在 200、230 点附近是 F_{28} 、 F_{27} 构造破碎带的可能存在部位。

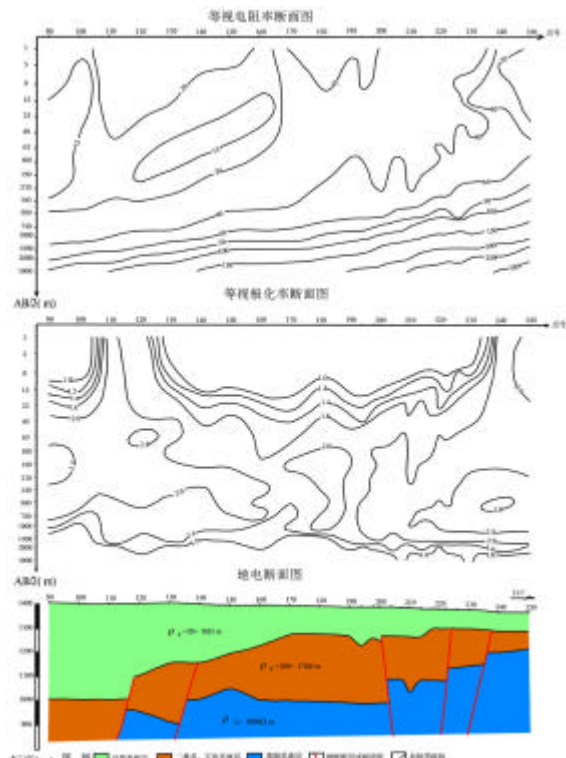


图 3 桌子山地区剖面电测深、激电测深综合图

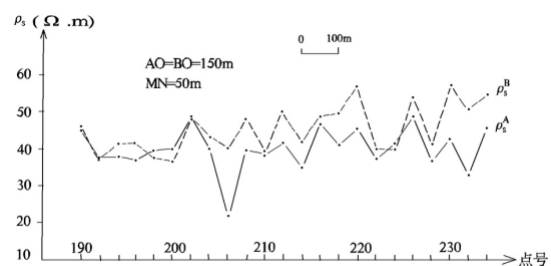


图 4 联合剖面图

2.1.3 联合剖面法和浅层地震勘探

在以上几种方法异常综合反映相对明显的 200、230 点附近,开展联合剖面法和浅层地震勘探这两种勘探方法,目的是确定构造破碎带的具体位置、产状和破碎程度。联合剖面法选取 $AO(BO)=150m$, $MN=50m$, 点距 25m。地震测量参数经现场噪声调查后选取

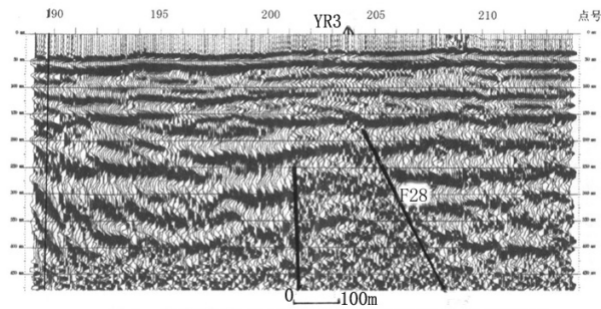


图5 桌子山地区 XI 剖面地震反射波时间剖面图

偏移距为 180m,道距为 5m,采样间隔为 0.5ms,采样长度 1024 个采样点。图 4 中联剖曲线在 200、230 点附近出现正交点,在 200 点附近的正交点更明显一些。在地震剖面图上(图 5),200 点附近在 40~200ms 之间均有多组清晰的反射波组,波组频率较高,明显为灰岩上部的砂岩、砂页岩反射波组。在 200~205 点之间反射波组明显错乱不连续,是构造破碎带的反映特征,解释推断断层宽度为 105m,倾角在 70~85 度之间,倾向北西。同时在 101、106、210 点等处反射波组也有错动现象,也是断层特征反应。

2.2 综合运用物探方法分析

各种物探方法是寻找地下水的重要手段,但单一方法的物探测量成果存在多解性,同时随着地质条件及勘查目的的不同,物探方法存在明显的有效性差异。所以,只有科学合理地运用综合物探方法,利用不同方法的异常特征相互补充验证,才能达到较好的地质效果。

在该灰岩深埋区,先用勘探深度大、效率高的精测重力剖面,圈出局部较明显低值异常段,然后在重力异常范围内运用视电阻率测深、视极化率测深,验证引起重力异常的地质现象,区分出有意义的构造破碎带引起的重力异常,同时利用含水体的极化率特性分析视极化率断面等值线形态特征,定性判别出构造破碎带相对富水性情况,最后运用勘探精度高,对确定构造破碎带效果好的地震测量,达到进一步确定断裂带的位置及其性质。

就剖面而言,通过对综合物探异常特征解释认为,在灰岩深埋区剖面上的 200—220 点之间存在 F_{27} 、 F_{28} 两条正断层,倾角约 70~85 度,且 F_{27} 倾向南东, F_{28} 倾向北西,埋深约 340m。 F_{27} 宽约 20m, F_{28} 宽约 105m,两条断裂都含水,但 F_{28} 规模较大,富水性相对好,在 F_{28} 上的 204 点附近布置了水文地质勘查孔 YR₃(图 4)。钻孔验证结果:0~152.09m 是白垩系地层;152.09~350.81m 是石炭、二叠系地层;350.81m 以下是奥陶系灰岩。其中在 229~326.92m 之间和 356.38~418m 之间构造裂隙(或富水岩溶带)较发育,最大裂隙厚度为 15m,最小也有 2m。

3 水文地质效果及示范作用

通过综合物探方法在棋盘井东北灰岩深埋区寻找到 5 条含水构造破碎带,其中只对 F_{28}

构造破碎带开展了钻探验证工作，验证结果与综合物探解释推断结果吻合较好。对其余 4 条构造破碎带在今后开展钻探工作以前，还需做进一步的地震勘探工作，查明构造破碎带的位置、产状和破碎程度。经过钻探、测井成果证实了 F_{28} 构造破碎带的存在和综合物探解释推断成果，在深度为 356.38 ~ 418m 之间是构造破碎带（或岩溶发育带），最大裂隙厚度为 15m，最小的也有 2m。同时也证明了在该区运用综合物探方法寻找构造破碎带，并圈定岩溶富水区是行之有效的方法。

通过本次工作在该区打成了一眼深 426m 的深部岩溶水井，静水位埋深 161.07m，试抽水量 $3408\text{m}^3/\text{d}$ 。水质优良，富含锶等有益微量元素。该井的成功解决了棋盘井镇的缺水困难，使因缺水面临停产的企业起死回生、不能上马的企业重新启动，为镇区经济发展作出重要贡献，也为该区开辟新的岩溶水水源地起到了很好的示范作用。除此之外，对镇区的规划建设产生重要影响，同时对有效合理利用综合物探方法，在相关地区寻找含水构造破碎带（或岩溶带）具有重要的指导意义。2002 年以来，该镇新建和重新启动了硅铁厂、焦化厂等多家中型企业，当地政府正在建立一个日发电量为 20 万千瓦的中型发电厂，计划将该镇建成一个重要的经济工业园区。

4 结束语

在北方干旱、半干旱地区寻找深部岩溶水是一个新课题，而运用综合物探方法是有效的手段。在其它岩溶地区，只要注意研究测区的地质条件，收集和研物性资料，进行方法试验，注意物探方法的局限性，确定物探方法的有效性，合理有效地选择物探方法组合，是可以取得良好的寻找深部岩溶水的效果的，也就能更好地发挥物探在水文地质勘查中的作用，达到事半功倍的效果，实现预期的勘查目的。

参考文献：

- [1][美]R.E. 谢里夫 [加]L.P. 吉尔达特. 勘探地震学，北京：石油工业出版社出版，1999.
- [2]武毅，郭建强，曹福祥，孙晟. 多种物探技术勘查宁南深层岩溶水的组合试验. 物探与化探，2002.