

分析地热水对地质中的应用研究

蒋洪亮

重庆工程职业技术学院 重庆 402260

摘要: 在时代的进步中,各种地质环境问题随之而来,并逐渐影响到了人们的正常生活,与此同时,社会经济的发展也收到了地质环境问题的限制,甚至因此引发了各种地质灾害,而引发这些问题的原因在于对地质的不合理利用。联系目前水资源现状,结合地貌、构造、岩性等地质条件,利用大地电磁法和超低频电测探测技术,经曲线数据的认真对比、分析、解释,明确地下水富水情况及埋深。为后续地热水的开发奠定了良好的基础。

关键词: 地热水;地质构造;地层

1 地形地貌

地质构造为白马向斜、赵家坝背斜、车盘向斜、羊角背斜。白马向斜:位于白马场一带,轴向 $N15^{\circ}-30^{\circ}E$,轴部出露地层 J_1z-J_3x ,翼部出露地层为 P_3-T_3 ,两翼倾角 $20^{\circ}-40^{\circ}$,长约50km,轴线呈“S”形,两翼不对称。车盘向斜:位于九重岭—车盘,轴向近南北,轴部出露地层 T_1d ,翼部地层为 $P_{2,3}$,两翼不对称,北西翼地层倾角 $10^{\circ}-15^{\circ}$,南东翼地层倾角 $27^{\circ}-52^{\circ}$,长度约20km。赵家坝背斜:位于赵家坝,轴向 45° ,轴部出露地层 O_1 ,翼部地层为 O_2-S ,北西翼地层倾角 $4^{\circ}-16^{\circ}$,南东翼地层倾角 $5^{\circ}-17^{\circ}$,长度约24km,两翼对称。羊角背斜:位于羊角碛,轴向近南北,轴部出露地层 ϵ_3-O ,翼部地层 $S-T_1$,地层倾角 $13^{\circ}-55^{\circ}$,长度约为25m,两翼不对称,西翼陡,东翼缓^[1]。

整体地貌以深丘、河谷,以山地为主,东北高,西南低,白马山由北向南近似平行排列。因娄山褶皱背斜宽广而开阔,为寒武系石灰岩构成,在地质作用过程中,背斜被深刻溶蚀。乌江由东向西从中部横断全境。乌江北面的桐梓山、仙女山属武陵山系,乌江南面的白马山、弹子山属大娄山系。木棕河、芙蓉江、长途河、清水溪、石梁河、大溪河等大小支流由南北两翼汇入乌江。由于深度溶蚀形成的深切槽谷交错出现,构成崇山峻岭,岗峦陡险,沟谷纵横。海拔最高为仙女山主峰磨槽湾,达2033米;大溪河口海拔最低,海拔为160米。除高山和河谷有少而小的平坝外,绝大多数为坡地梯土。土壤多属黄壤、黄棕壤,其次紫色土。

2 区域地层

区域缺失上古生界石炭系(C)、泥盆系(D)外,出露地层有:下古生界寒武系(ϵ)、奥陶系(O)、志留系

(S),中古生界二叠系(P)、三叠系(T)和侏罗系下统。侏罗系地层主要分布于武隆县城和长坝镇周边。现按地层由新至老为:

2.1 侏罗系(J)

岩性主要为黄灰色泥岩夹粉砂岩、白灰色石英砂岩,分布于武隆县城和长坝镇周边,厚131~196m。

2.2 三叠系(T)

三叠系上统(T_3xj):灰色块状岩屑砂岩及泥页岩和煤系地层。厚87~186m。三叠系中统雷口坡组(T_2l):下部为中厚层状含泥质灰岩、钙质泥岩及灰质白云岩;中部紫红色页岩、泥岩、粉砂质泥岩,中上部夹泥灰岩,上部为砂质页岩。厚203~600m。三叠系下统嘉陵江组(T_1j):主要为灰岩、白云岩、膏盐角砾岩(深部为膏盐层),下部为深灰色薄至中厚层状灰岩夹厚层状白云岩,厚561~600m。三叠系下统飞仙关组(T_1f):暗紫色,灰绿色和灰白色钙质页岩和灰色灰岩互层,顶部及下部为钙质页岩:中部灰岩夹页岩,厚405~477m。

2.3 二叠系(P)

二叠系上统长兴组(P_3c):下部为中厚层状灰岩含燧石团块;顶部为灰岩及泥质灰岩,夹燧石层。厚52~67m。二叠系上统龙潭组(P_3l):下部为页岩夹煤层,粉砂岩及灰岩、白云质灰岩;上部为白云质灰岩夹燧石层及泥质灰岩和灰岩。厚98~143m。二叠系中统茅口组(P_2m):下部为瘤状灰岩夹泥质灰岩;中部为厚至巨厚层状灰岩含燧石灰岩;上部为灰岩、白云质灰岩夹似层燧石团块。厚254~314m。二叠系中统栖霞组(P_2q):中、上部为中厚层状灰岩,偶含燧石团块及条带,下部为泥灰岩夹中厚层状灰岩。厚168~175m。二叠系下统梁山组(P_1l):下部为石英砂岩及石英粉砂岩;中部为铝土质页岩,可见黄铁矿结核;上部炭质页岩及煤层^[2]。厚1~11m。

教改课题,重庆工程职业技术学院教改项目,编号:JG202024

2.4 志留系 (S)

志留系中统韩家店组 (S_{2h}): 黄、黄绿色、灰绿色页岩夹薄层粉砂岩, 偶夹透镜状灰岩。厚507~682m。志留系下统小河坝组 (S_{1x}): 为砂岩夹页岩、灰岩及粉砂岩。厚128~195m。志留系下统龙马溪组 (S_{1l}): 下部为页岩, 中、上部为灰岩夹少量页岩。厚238~407m。

2.5 奥陶系 (O)

奥陶系上统五峰组 (O_{3w}): 黑色炭质页岩, 粉砂质页岩。顶部为钙质白云岩或粉砂质灰岩。奥陶系上统临湘组 (O_{3l}): 浅灰色中厚层状含泥质灰岩, 具瘤状构造。奥陶系中统宝塔组 (O_{2b}): 灰色中厚层灰岩及生物灰岩。奥陶系中统十字铺组 (O_{2s}): 灰色中厚层至厚层状生物碎屑灰岩。因中统与上统厚度小, 可合并为O₂₊₃。厚度约38~58m。奥陶系下统湄潭组 (O_{1m}): 中部为灰色中厚层状生物碎屑灰岩, 具瘤状构造, 上、下部为灰绿色、黄绿色页岩夹薄层结核状灰岩、粉砂岩。厚221~316m。奥陶系下统红花园组 (O_{1h}): 灰色薄至中厚层状生物碎屑灰岩少量白云岩。厚70~81m。奥陶系下统桐梓组 (O_{1t}): 下段上部为灰岩和白云岩, 底部为生物碎屑灰岩, 含氧化钾。上段为灰岩夹页岩, 偶夹粉砂岩。厚136~170m。

2.6 寒武系 (Є)

寒武系上统毛田组 (Є_{3m}): 灰、深灰色中至厚层状灰岩、白云质灰岩与白云岩、钙质白云岩呈不等厚互层。厚122~242m。寒武系上统耿家店组 (Є_{3g}): 同后坝组 (Є_{3h}), 浅灰、深灰色至厚层状白云岩。厚318~379m。寒武系中统平井组 (Є_{2p}): 下部为灰色薄至中厚层状白云岩, 中上部为灰色中厚至厚层状白云岩夹灰岩, 局部见食盐结晶。实测地层厚393~442m。寒武系中统石冷水组 (Є_{2s}): 浅灰色薄至中厚层状白云岩夹少量角砾状白云岩, 粉砂岩及灰岩。厚211m。寒武系中统高台组 (Є_{2g}) 岩性稳定, 下部为灰、灰绿色页岩, 薄层状粉砂岩夹薄至中厚层状灰岩及透镜体; 上部为灰色中厚层状灰岩、白云岩。厚66~75m。寒武系下统清墟洞组 (Є_{1q}): 为隐晶质白云质灰岩夹白云岩、灰质白云岩及灰岩, 中部夹板状泥质粉砂岩。厚>150m。

3 地下水类型

按照地下水在含水介质中的存在条件和特征, 将其划分为碳酸盐岩类岩溶水、碎屑岩类孔隙裂隙水和基岩裂隙水三大类。

3.1 碳酸盐岩类岩溶水

此类水为地热水的主要补给水源。在地貌上为中山峡谷和石丘洼地及波峰台原, 岩溶发育的寒武系、部分奥陶

系、二叠系和三叠系下统碳酸盐岩等地层。岩性为灰岩、白云岩、泥灰岩、白云质灰岩及膏盐角砾岩, 暗河、大泉流量大于50L/S以上, 此类含水层地下水比较丰富。

次为垄脊中低山及“坪”状地形褶皱翼部的志留系中、下统、奥陶系下统、三叠系中统等含水层。岩性为白云岩、粉砂岩夹灰岩、页岩等地层。以溶蚀裂隙为主, 溶洞不发育, 暗河、大泉流量在10L/S左右, 为水量较贫乏的岩溶类型^[3]。

此类岩溶水水化学类型为HCO₃-Ca·Mg型, 矿化度0.1-0.5g/L, pH值6-7.5。

3.2 碎屑岩类孔隙裂隙水

分布于测区西北部的褶皱翼部的单面山地, 由三叠系上统须家河组的岩屑砂岩与泥质砂岩及页岩组成。岩性较稳定, 砂岩裂隙及层面裂隙发育, 常形成自流斜地, 一般单井涌水量可达100-500m³/d, 属水量中等。水质类型HCO₃-Ca·Na型, 矿化度1-3.0g/L, pH值>6.5, 水温18℃左右。

3.3 基岩裂隙水

主要为风化带网装状隙水, 分布于垄脊或“坪”状低山, 由志留系中、下统的泥、页岩夹粉砂岩砂岩地层组成。主要分布于背斜翼部, 构造裂隙不发育, 仅以风化裂隙为主, 泉水流量小, 随季节变化大, 久晴易枯, 水量极其贫乏。水质类型为HCO₃-Ca型, 矿化度0.1-0.2g/L, pH值7左右。

4 研究方法

探测仪工作原理为接收天然场源发出的电磁信号, 转换成振幅—深度对应关系曲线来判断地下情况。因为电磁信号在通过不同深度不同介质时电磁信号的能量衰减强弱不同, 可以根据曲线振幅特征来判断地下的地层界线、裂缝、裂隙、断层、溶洞、地下水、矿产等位置。

首先假设地层为水平二层均匀介质, 则介质分界面产生的反幅射脉冲电磁场 (H_n、E_n) 的频率与上覆地层岩性的电阻率 (ρ) 和岩性分界的埋深 (即第一层的厚度) 有关。由于大地对电磁的传播同样具有低频“窗口”特性。新产生的低频脉冲电磁场 (H_n或E_n) 在“窗口”范围内传播时几乎无衰减。白瑞 (Burrell) 曾推出低频电磁波在均匀水平二层介质中传播时低频窗口截止频率fc的计算公式为: $fc = kp/h^2$

式中: $k = 9.4 \times 10^5$

电阻率ρ——单位 (Ω·m)

深度h——单位 (m)

频率fc——单位 (HZ)

式中可知, 截止频率fc与h²成反比, 即随着h的增大

fc将明显降低,也就是说深部地层岩性分界面脉冲电磁波的频率很低,而截止频率fc与电阻率(ρ)成正比。也就是地下岩性表现为高阻层时,其截止频率(fc)将升高。

设地层深度为: $h = 2000\text{m}$ 电阻率增量 $d\rho = 0.1\Omega \cdot \text{m}$ 、 $d f_c = k d\rho/h^2$

可求得 $d f_c = 0.0235\text{HZ}$,由此可知,只要能分辨出微小的频率变化就能识别出电阻率发生微量变化的深部地层。低频电磁探测仪能分辨出频率的微小变化,当地层中的介质不同时,必然会引起电阻率的变化,故此实现对某深度地层介质不同而引起的频率特性不同的测量是可能的。

5 解译分析

通过超低频电磁探测和曲线数据的认真对比、分析、解释及现场地质条件,根据地层的地下水赋存情况,可利用的含水层组分别为:二叠系中统茅口组和栖霞组,深度在1700m左右;奥陶系下统红花园组、桐梓组和寒武系上统毛田组,深度在1800m左右;在地表出露地层为二叠系中上统时,可利用含水层组为二叠系中统茅口组和栖霞组以及陶系下统红花园组、桐梓组和寒武系上统毛田组,但存在二叠系含水层埋深太浅(500m内),奥陶、寒武系含水层埋深太深(2500m左右)^[4]。

案例1:经数据采集,探测曲线1号显示3层可能含水层:第一层:1385~1395m,10m。第二层:1618~1623m,5m。第三层:1958~1963m,5m,三层合计为20m。探测曲线2号显示3层可能含水层:第一层:1498~1503m,5m。第二层:1603~1608m,5m。第三层:1813~1818m,5m,三层合计为15m。从以上含水层中分析认为,在埋深1380~1970m段含水层特征较明显,曲线重合性一般,曲线显示埋深(1380~1960m)与推测二叠系热储层埋深较吻合。综合分析,测点含水层特征较明显,曲线重合性一般,区域地下水富水性一般。

案例2:经数据采集,探测曲线1号显示4层可能含水层:第一层:1548~1553m,5m。第二层:

1645~1655m,10m。第三层:1783~1788m,5m。第四层:1963~1968m,5m,四层合计为25m。探测曲线2号显示5层可能含水层:第一层:1363~1368m,5m。第二层:1533~1538m,5m。第三层:1603~1608m,5m。第四层:1768~1773m,5m。第五层:1943~1948m,5m,五层合计为25m。从以上含水层中分析认为,在埋深1360~1970m段含水层特征明显,曲线重合性好,曲线显示埋深(1530~1970m)与推测奥陶系下统和寒武系上统热储层埋深较吻合。综合分析,测点含水层特征明显,曲线重合性好,区域地下水富水性好。

6 结束语

含水层红花园组、桐梓组和毛田组,埋深在1800m左右,较适宜进行开采。埋深大于2200m左右或地下水补给区海拔标高最低处仅约200m,排泄基准面标高与地表标高(1200~1500m)相差太大,不适宜进行开采。受区域地层环境的影响,在地表岩溶裂隙发育,地表水流失,造成地下水补给、径流条件较差的特点,将会造成勘探风险高。

区域性含水层均存在一定的地质条件制约,对地热资源的开发利用存在较大的影响,需综合分析,选择较合适的区域开展地热资源调查、开发利用工作。

参考文献

- [1]何希鹏,高玉巧,马军等.重庆市武隆区黄莺乡五峰组—龙马溪组剖面沉积特征及地质意义[J].油气藏评价发,2022,12(1):95-106+118。
- [2]姚瑶.重庆武隆喀斯特地貌[J].炎黄地理,2020(4):58-61。
- [3]张海涛,张颖,何希鹏等.渝东南武隆地区构造作用对页岩气形成与保存的影响[J].中国石油勘探,2018,23(5):47-56。
- [4]谢坤成,刘嘉,补福.重庆市武隆白马山旅游度假区地热水勘查项目超低频电磁探测物探检测评价报告[H].重庆开源地质勘探有限公司,2016:1-52。