

重庆西部红层浅层地下水的咸淡水问题

旷正国 樊新庆

(重庆市地勘总公司 208 水文地质工程地质队, 重庆 400000)

摘要:重庆西部红层浅层地下水中存在咸水, 困扰着红层地下水资源的开发利用。本文研究了渝西上千个红层地下水钻孔, 论述了咸淡水问题和咸淡水界面。推荐了钻孔中咸淡水界面的检测方法。

关键词:渝西; 红层地下水; 咸淡水; 界面; 检测方法

重庆西部(以下简称渝西)十多个区县缺水严重, 多数农村人口存在人畜饮用水困难。天旱时争夺饮用水常发生冲突。严重时, 当地政府出动警力保护水源, 分配饮用水。缺水问题严重制约了渝西经济的发展, 影响了社会的安定。

渝西红层地下水水量虽然不富, 但合理开发利用完全能解决人畜饮用水困难。开发利用红层地下水, 需掌握宜井深度。钻孔打浅了, 没有地下水或水量很小; 钻孔打深了又会遇上咸水(包括微咸水, 以下相同)。地下埋藏深浅不一的咸水, 影响可供饮用的红层地下水的开发利用, 研究渝西红层地下水的咸淡问题很有必要。

1. 渝西红层地下水

渝西属四川盆地亚热带季风湿润区。四季分明, 降雨充沛, 多年平均降雨量在 1000mm 左右。该区属长江水系, 干流长江从该区南部通过, 支流嘉陵江和綦江由北西、南东注入长江, 次级支流较发育。大气降水和地表水是红层地下水的主要补给源。

渝西地区位于四川台坳, 分属两个三级大地构造单元。合川沙溪——铜梁——荣昌一线以东属川东陷褶束, 以西为川中台拱。在渝西范围内, 川东陷褶束由一系列北东~北北东向不对称的线形、梳状褶皱组成。背斜褶皱紧凑狭窄(地层倾角 $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$), 向斜宽缓开阔(地层倾角 $0^{\circ} \sim 50^{\circ}$); 背斜成山, 向斜成谷。川中台拱褶皱微弱, 地层平缓或水平(地层倾角 $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$)。无论构造变动的强弱, 但多次构造运动后, 在渝西的岩层中形成了受构造形迹控制的裂隙系统。该系统是红层地下水形成的基础。

渝西红层, 系指侏罗系(J)和白垩系(K)一套湖相或河湖相红色碎屑岩沉积。红层主要分布在各向斜之中, 其次分布在平缓褶皱中。红层分布面积广, 占渝西总面积的 86%, 其中侏罗系占 82%, 为白垩系占 18%。侏罗系(J)主要为紫红色、砖红色泥岩、钙质泥岩、砂质泥岩夹岩屑长石砂岩、长石石英砂岩, 或者形成砂泥岩不等厚互层。其中, 遂宁组(J_3s)含纤维状石膏, 上沙溪组(J_2s)的一些层位局部有岩盐沉积。侏罗系厚 1559 ~ 4169m。地貌上形成切割呈深浅(多为 20 ~ 100m)不一形态多样的丘陵, 极少数形成低山, 赋存风化带网状裂隙水及红层承压水。

白垩系(K)为砖红色、紫红色块状中~细粒长石砂岩、含长石石英砂岩夹同色泥岩和粉砂岩。部份地段夹薄层石膏, 残留厚度为 180 ~ 520m。主要分布在渝西南部, 形成中低山及低山, 赋存基岩裂隙水。

作者简介:旷正国, 男, 1938 年 12 月生, 水文地质工程地质高级工程师, 多年从事水工环工作,

承担过多项重点水工环大型项目。

渝西红层地下水的主要类型是风化带网状裂隙水,其次是红层承压水。风化带网状裂隙水分布广泛,埋藏浅,开采方便。浅机井(井深 20m 左右)单井出水量一般为 $0.5 \sim 5\text{m}^3/\text{d}$,水量丰富者可达 $10 \sim 30\text{m}^3/\text{d}$,是解决农村分散人口畜饮用水的主要水源。红层承压水分布局限,仅分布在厚度较大的砂岩夹层中。中深井(100~200m)在富水地段,一般可打出涌水量为 $100 \sim 500\text{m}^3/\text{d}$ 的红层承压水,是部份场镇集中供水的水源。表层(埋深 50m 内)和浅层(埋深 50~200m)的红层地下水多为重碳酸盐型水,矿化度 $<1\text{g}/\text{L}$,卫生指标绝大多数符合饮用水标准,是水质良好及优良的饮用水。但是,埋藏深浅不一的咸水的存在,影响着红层地下水的开发利用。

2. 渝西红层的咸淡水问题

2.1 渝西红层的咸淡水

渝西红层地下水以矿化度 $<1\text{g}/\text{L}$ 的淡水为主,咸水(包括微咸水)呈星点状分布全区(图 1),极个别点出现盐水。以民井(大井)和泉水为代表的表层红层地下水(风化带网状裂隙水),均为矿化度 $<1\text{g}/\text{L}$ 的淡水。但在埋深 $<50\text{m}$ 内的红层风化带网状裂隙水中存在咸水。民间上千的供水浅机井(井深 15~50m)出现了一些咸水。2001~2002 年渝西璧山、铜梁、永川、大足、荣昌等五个县(市)严重缺水示范区供水勘查的 800 余口浅机井(井深 17~35m)仅出现 7 个咸水孔(包括专门研究咸淡水界面的钻孔),其量不足 1%。

渝西红层承压水埋藏较深,咸淡水的埋深也相应增大。井深 50~200m 的钻孔多数为淡水,少数出现咸水。渝西南部(1:20 万綦江幅) 6000km^2 的红层区内有 20 多个红层承压水勘查、供水孔,微咸水(矿化度 $1057 \sim 2093\text{mg}/\text{L}$)孔仅为 3 个,其余为淡水孔。渝西北部(1:20 万重庆幅) 5000 多 km^2 的红层中出现一个盐水孔(矿化度 $30.33\text{g}/\text{L}$),渝西西部(1:20 万内江幅少部份)出现 1 个咸水孔。重庆东永地区农田供水勘查在 217.68km^2 的红层内,有 57 个红层承压水勘查孔,其中淡水孔 54 个,微咸水孔 3 个(矿化度 $1009 \sim 2765\text{mg}/\text{L}$);重庆歇马地区农田供水勘查,红层面积 245km^2 ,66 个红层勘查、供水孔中,淡水孔 59 个,微咸水孔(矿化度 $1124 \sim 2753\text{mg}/\text{L}$)4 个,咸水孔(矿化度 $3527 \sim 8972\text{mg}/\text{L}$)3 个。总之,微咸水及咸水出现的概率是 5~13%。

2.2 渝西红层中的咸水

根据 1:20 万区域水文地质普查,1:5 万农田供水勘查,近两年渝西红层严重缺水地区地下水勘查,以及零星的红层打井供水钻孔资料,渝西红层中的微咸水、咸水及个别个点的盐水主要分布在川东陷褶束的各向斜之中,其次出现在川东台拱地层近水平的渝西西部地区(图 1)。咸水的分布受地层的控制,亦受循环交替条件的影响。白垩系红层未发现咸水,可能与该系基岩裂隙发育,又位于低中山,循环交替条件好有关;侏罗系红层中的咸水及个别的盐水仅出现该系中上部,即出现在蓬莱镇组(J_3p)、遂宁组(J_3s)和上沙溪庙组(J_2s)中(表 1)。侏罗系中下部的下沙溪庙组(J_2xs)、新田沟组(J_2x)和自流井组(J_{1-2z})未发现咸水。可能与沉积的古地理环境有关,是不含或少含石膏、岩盐的缘故。

渝西微咸水的矿化度为 $1009 \sim 2845\text{mg}/\text{L}$,咸水的矿化度为 $3053 \sim 8971\text{mg}/\text{L}$ 。微咸水及咸水的水化学类型受含水岩组的控制,遂宁组(J_3s)为硫酸盐型水,蓬莱镇组(J_3p)和上沙溪庙组(J_2s)为氯化物型水(表 1)。矿化度最高的咸水出现在上沙溪庙组,个别盐水孔也

出现在上沙溪庙组。盐水点出现在图 1, 3 号点南西方向 8km 的铜梁县虎峰镇明月桥, 孔深, 但水量小(4.92m³/d), 矿化度为 30.33g/L。

2.3 红层地下水咸水的成因

渝西红层的咸水均为埋藏型, 埋深在20 ~ 125m。红层风化带网状裂隙水的咸水埋藏深浅各地不一, 在大足县埋深>20m, 在铜梁县埋深>24m。红层承压水咸水的埋深差异更大, 在东永地区埋深>50m, 在歇马地区埋深为48 ~ 125m(图2), 1:20万綦江幅埋深在100m左右。

红层地下水的矿化度, 随着埋深的增加, 裂隙发育程度的降低, 循环交替条件的减弱, 矿化度增高。表1所列各点的钻孔, 浅部均为淡水(矿化度 595 ~ 637mg/L), 深部变成咸水。

风化带网状裂隙水的咸水埋藏浅, 红层承压水的咸水相对埋藏深。是因为风化裂隙短小, 承压水砂岩层间裂隙宽大并延伸伸长; 即是前者的地下水循环交替条件差, 后者的循环交替条件好的缘故。

图2可见, 地层平缓地区的红层, 咸水出现的概率大, 地层倾角大或陡倾的出现咸水的概率小。其原因也是前者的构造裂隙不甚发育, 后者的发育; 前者的循环交替条件差, 后者的循环交替条件好。

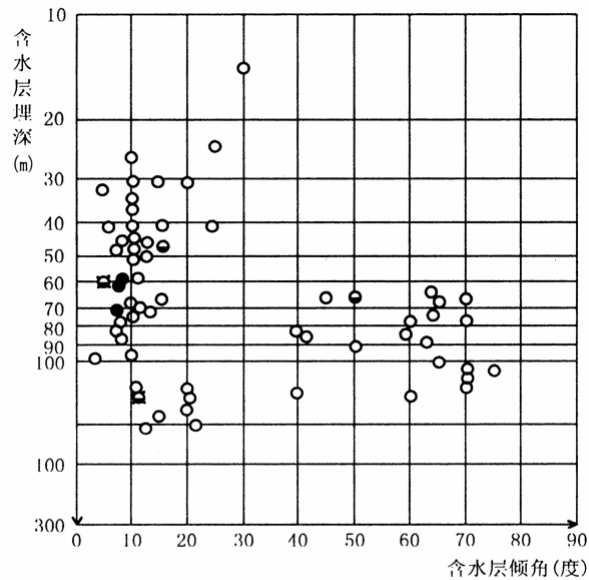


图2 重庆歇马地区钻孔水矿化度散点图

- | | | | |
|----------------|------------------|-------------------|------------|
| ○ 1 | ◐ 2 | ● 3 | ◑ 4 |
| 1. 矿化度小于1.0g/L | 2. 矿化度1.0-3.0g/L | 3. 矿化度3.0-10.0g/L | 4. 定深度取水样孔 |

表 1 渝西咸水、半咸水孔主要特征汇总表

图 1 点号	含水 岩组 层位	资 料 来 源 (钻孔数)	孔 口 标 高 (m)	咸水 埋深 (m)	水化学类型	K+Na (mg/L)	Ca (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	矿化度 (mg/L)
8	J _{3p}	重庆东永地区农田供水勘查 (1)	606.1	>50	Cl—Na	850.38	51.38	1290.5	363.42	2845.0
6		重庆歇马地区农田供水勘查 (2)	288.0	>60	SO ₄ ·Cl—Ca·Na	260.52	231.38	357.62	495.30	1639.6
			284.0	>60	Cl—Na·Ca	912.3	408.44	2011.78	108.5	3526.7
1	J _{3s}	重庆大足严重缺水区地下水勘查 (4)	390.0~ 410.0	>20	SO ₄ —Ca	68.6~	248.4~	13.9~	556.27~	1362.58~
		重庆大足严重缺水区地下水勘查 (2)		>20	SO ₄ ·Cl—Na·Ca	428.0	453.0	367.79	1272.62	2826.10
2		重庆荣昌零星供水孔 (2)	335	>50	Cl—Na·Ca	1387.31	580.38	3110.43	47.79	5282.44
		重庆铜梁严重缺水区地下水勘查 (3)	268.00 263.00	>24	Cl—Na					1125.99 1134.65
4~5		重庆歇马地区农田供水勘查 (2)	203.16 225.81	>48	Cl—Na·Ca	265.84 681.18	135.81 400.80	571.89 1263.01	330.21	1124.00 2753.20
		重庆歇马地区农田供水勘查 (3)	243.09~ 284.4	60~125	Cl—Na·Ca Cl—Ca·Na	168.13~ 1534.18	82.24~ 1605.58	1294.28~ 4544.36	154.99~ 1036.53	3343.60~ 8971.48
7		重庆东永地区农田供水勘查 (2)	265.0	>50	Cl—Ca·Na					1009.00~ 2764.00
9		綦江幅 1:20 水文地质普查 (3)		100±	Cl—Na·Ca					1057.00~ 2093.00

红层地下水咸水的形成除了与循环交替条件有关外，还与含水岩组的含盐量有密切关系。比如铜梁庆隆严重缺水示范勘察的PK15-5(表2与图3所指钻孔)与PK15-4孔，地层产状及孔深相似，两孔相距较近，但层位不同。至甚PK15-5号孔还较PK15-4号孔高5m(即浅埋5m)，前者却出现微咸水(矿化度1126mg/L)，后者为淡水(矿化度501mg/L)。其原因是不同层位的红层含岩盐量的差异所致，这一现象在全区非常普遍。又如大足红层供水示范勘察区位于遂宁组(J₃s)中，地层近水平，倾角1~2°，22m左右的浅孔，两孔相距很近(15~25m)，层位相同，一孔为淡水，另一孔却为咸水。在该区施工100多个钻孔，仅几个孔为咸水，其余为淡水。是因为红层同一层位的石膏沉积呈点状分布的结果。

重庆东永地区农田供水勘察的可溶盐试验资料证明，红层的可溶盐含量较高，一般为8.83~11.11%，最高可达27.22%。这些可溶盐在红层地下水的长期作用下，经溶解、溶滤进入地下水中，而改变了红层地下水的成份和性质。按可溶性的强弱，首先进入红层地下水中的是氯化物，其次是硫酸盐……。

综上所述，含盐是红层地下水咸水形成的物质基础，地下水的循环交替是咸淡水形成的必要条件。

3. 红层地下水的咸淡水界面问题与检测方法

3.1 红层地下水的咸淡水界面问题

渝西红层地下水勘察、供水的钻孔有上千个，民间的钻孔出咸水的概率较大，国家地勘单位施工的钻孔出现的概率较小。国家勘察、供水的千余钻孔中，主要出现了表1中的24个半咸水及咸水孔。从局部的歇马地区(图2)看咸水孔也是少数，可见，渝西及其局部地区的红层咸水在面上呈点状分布；在垂直方向上，不同地区、不同钻孔在不同深度出现咸水。因此，红层浅层地下水在局部的点有咸淡水界面，而在区域上没有统一的咸淡水界面。

3.2 红层地下水在钻孔中的咸淡水界面检测方法

在钻孔中，地下水咸淡界面的检测的常规方法采用定深取样，通过水化学分析，按矿化度指标进行确定。多年的实践表明，地球物理的测井方法也很有成效。对勘察钻孔进行电测井，通过井液电阻率的测定，能准确的确定地下水的咸淡水界面。2001年，铜梁庆隆红层严重缺水地区地下水勘察时，对上沙溪庙组(J₂s)的咸淡水界面研究时，在PK15-5孔进行连续取样，并进行物探测井(表2，图3)。孔内井深24m时，井液电阻率突然从32 Ω·m降至8.2 Ω·m。井水连续取样结果：随井深增加，地下水的矿化度升高，20.4m处矿化度634.95mg/L，26.1m处升至855.68mg/L，>26.1m为1125.99mg/L。由于取样是随钻进采取的混合水样，下层咸水受到上层淡水的稀释，根据矿化度升高的趋势，结合物探测

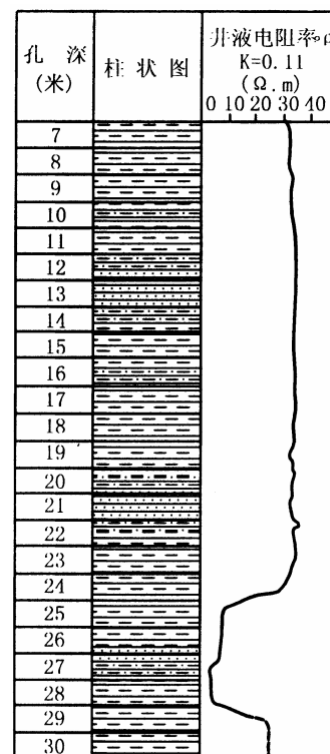


图3 重庆庆隆测井曲线图

井连续取样结果：随井深增加，地下水的矿化度升高，20.4m处矿化度634.95mg/L，26.1m处升至855.68mg/L，>26.1m为1125.99mg/L。由于取样是随钻进采取的混合水样，下层咸水受到上层淡水的稀释，根据矿化度升高的趋势，结合物探测

井曲线，井深24m处应是该孔的咸淡水界面。利用咸淡水电阻率的显著差异，采用井液电阻率法进行物探测井是检测钻孔地下水咸淡界面有效而又快捷的方法。

表 2 咸淡水界面检测对比表

井 深 (m)	水 样 化 验		物 探 测 井	
	矿化度 (mg/L)	氯化物 (mg/L)	井液电阻率 ($\Omega \cdot m$)	咸 淡
14.2	447.04	27.25		
20.4	634.95	137.75	32	淡水
24.0				
26.1	859.68	345.86		
26.4			8.2	估计盐浓度为 1000mg/L
27.8	1125.99	629.8	4.6	估计盐浓度为 1500mg/L
35.4				

注：水样为混合型

4 . 结 语

渝西红层浅层地下水以淡水为主，少量的咸水呈星点状分布在可溶盐含量高，循环交替条件差的红层中。渝西红层中的咸水出现在埋深 20 ~ 125m 的部份层位，但该区不存在区域性统一的咸淡水界面。红层地下水开发利用应注意的是：风化带网状裂隙水中的咸水埋藏浅，埋深 20 ~ 30m，仅出现在侏罗系遂宁组 (J₃s) 及上沙溪庙组 (J₂s) 的局部地段或个别点；红层承压水的咸水埋藏较深，埋深为 50 ~ 125m，仅出现在上沙溪庙组 (J₂s) 及蓬莱镇组 (J₃p) 的局部点。检测钻孔地下水咸淡界面的有效而又快捷的方法是用井液电阻率进行测井。