

图2 三屯河流域纵向水文地质剖面图

1. 含砾中粗砂; 2. 细砂、粉细砂; 3. 亚砂土; 4. 亚粘土、粘土; 5. 分区界线; 6. 单一结构潜水区; 7. 多层结构潜水—承压水区; 8. 深层承压水区。

1.1 南部单一结构潜水区 ()

分布于山前隐伏断裂和乌依公路隐伏断裂之间的相对下拗带,在地貌单元上位于冲洪积扇的顶部到中部一带。含水介质为冲洪积卵砾石、砂砾石层。据物探资料,其沉积厚度约为 600~1300 m,总体分布规律为:自南向北,厚度逐渐变薄,颗粒由粗变细;扇轴附近厚,向两侧变薄。

1.2 北部多层结构潜水—承压水区 ()

主要分布于乌依公路附近隐伏断裂以北地区,根据其埋藏特征,大致以 100~200 m 深度为界,可划分为潜水—浅层承压水亚区和深层承压水亚区。

潜水—浅层承压水亚区 (I_1): 分布于由地表至 100~120 m 左右深度范围内,岩性主要为冲洪积砂砾石和中粗砂夹粘土、亚粘土透镜体。总体分布规律为:由扇中部向扇缘、由轴部向两侧,颗粒变细,含水层厚度变薄,含水层富水性减弱。

深层承压水亚区 (I_2): 埋藏于 I_1 之下,相对隔水顶板埋深 100~120 m。含水层岩性主要为砂砾石、中粗砂和亚砂土。含水介质颗粒及含水层厚度向扇缘方向变细变薄。富水性随含水层的粒径变细而减弱。

2 地下水水化学类型分布特征

2.1 单一结构潜水含水层分布区

单一结构潜水含水层分布区,潜水埋深一般超过

50 m,山前潜水埋深达到 200 m 以上。在不同部位共取样 24 组,分析表明: $\text{HCO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 型水占 50%, $\text{HCO}_3^- \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 型的水占 16.7%,其它类型所占比例较小。该区潜水 TDS 一般在 0.2~0.5 g/L 范围内,该区位于洪积扇的中上部,组成含水层颗粒比较粗,水力坡度比较大,地下水循环交替速度快,易溶盐容易被带到下游, HCO_3^- 和 Ca^{2+} 成为潜水中主要化学成分。同时,其化学成分的变化呈现如下特点。

沿地下水径流方向,即 103 号点—51 号点—SK2 号点—344 号点,地下水 TDS 呈逐渐升高趋势,即 0.20 g/L—0.28 g/L—0.33 g/L—0.34 g/L,主要是溶滤作用的影响,沿着地下水的径流方向,水与岩土相互接触的时间越来越长,岩土中的矿物融入水中的就越来越多,TDS 就逐渐增大,直至达到饱和。

三屯河河岸附近,含水层颗粒相对较粗,渗透性较好,加之雨季有洪水的入渗补给,所以河道附近的潜水 TDS 较小。

位于三屯河洪积扇顶部的 43 号点,接近山前,水井深 320 m,潜水埋深 270 m,从该处补给条件分析,三屯河河水对其侧向补给很小或没有,另外该部位农田很少,灌溉入渗补给微乎其微,其主要补给可能来自山前侧向径流,地下水 TDS 只有 0.16 g/L,其距离河岸较 103 号点 (0.20 g/L)、41 号点 (0.20 g/L)、51 号点 (0.28 g/L)、SK2 点 (0.33 g/L) 远的多,但其 TDS 却小

于这四个点,进一步说明三屯河河水对其侧向补给很少或没有。

在三屯河洪积扇与石河子洪积扇的扇间洼地,由于含水层颗粒变细,渗透性变差,径流速度缓慢,潜水TDS较高。如地处扇间洼地的52号点,其TDS达到1.15 g/L,水化学类型属于 $\text{SO}_4\text{-Ca}$ 型。

在比邻流域头屯河洪积扇顶部的45号点,水井深326 m,潜水位埋深250 m,距头屯河河道不超过2 km,河水对其有补给,但取样分析TDS达到0.82 g/L,远较其它接受河水补给的水样高,原因是45号点位于山前断层附近,由于断层局部阻水或导水性很差,地下水径流速度缓慢,水岩作用时间长,水中溶解的化学组分不易尽快带入下游,所以TDS较高。

2.2 多层结构潜水—承压含水层分布区

分别对表层的潜水、浅层承压水、深层承压水的水化学特点进行分析。

2.2.1 表层的潜水

原潜水溢出带位于洪积扇的中部,现在已停止溢出,但水位埋深仍比较浅,大约在1.5~3.0 m左右。为了解表层潜水的咸化程度,钻孔取得4个表层潜水样(19号、20号、11号、4号)埋深分别为1.9 m、3.35 m、2.44 m、2.37 m,测试结果显示TDS分别为2.60 g/L、4.31 g/L、1.13 g/L和2.61 g/L,按表1判别,表层潜水以微咸水为主,可见蒸发浓缩作用对其影响较明显。

表1 地下水按矿化度分类(g/L)

TDS	<1	1~3	3~10	10~50	>50
类型	淡水	微咸水	咸水	盐水	卤水

潜水与下覆浅层承压水水力联系密切,天然条件下由自然“天窗”相联系,在人工开采地下水活动中,一些人工“天窗”进一步加强了二者的联系。开采浅层承压水使其水头低于上覆潜水水位时,TDS较高的潜水便会入侵下伏浅层承压淡水。可见潜水的咸化对下伏浅层承压水也构成了严重威胁。采样分析结果显示咸化潜水不仅可入侵浅层承压淡水,甚至在局部有“天窗”导通时可混入深层承压水。

2.2.2 浅层承压水

在浅层承压水分布区的不同部位采集水样16个,分析结果显示: $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Na}$ 型水占31.25%, $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\text{-Na}\cdot\text{Ca}$ 型水占18.75%, $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\text{-Ca}\cdot\text{Na}$ 型水占12.5%,TDS分布范围为0.21~1.03 g/L,但绝大多数样品的TDS在0.3~0.55 g/L之间。

浅层承压水既与上覆潜水有密切的水力联系,又接受上游单一结构潜水含水层的侧向径流补给以及深层承压水的越流补给,故上覆潜水以及深层承压水的化学组分及补给量直接影响着浅层承压水的水化学特征。水样中TDS最高的达1.03 g/L,就是由于上覆咸化潜水混入所致。

从水化学组分的垂向分布看,随深度增加,地下水的TDS变小,存在一定的垂直分带性。反映出浅部受咸化潜水影响大,而深部受其影响小的规律。

2.2.3 深层承压水

在深层承压水含水层取得14个水样,分析结果显示TDS介于0.15~0.26 g/L,总体上较上覆浅层承压水的TDS低,也较单一结构潜水的TDS低,而且所有点的承压水TDS相差很小。主要水化学类型为 $\text{HCO}_3\text{-Na}\cdot\text{Ca}$ 型、 $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\text{-Na}\cdot\text{Ca}$ 型、 $\text{CO}_3\cdot\text{SO}_4\text{-Ca}\cdot\text{Na}$ 型,各占21.4%。

从深层承压水的离子含量、TDS及水化学类型与浅层承压水比较分析,一定程度上说明深层承压水与浅层承压水的水力联系较弱,如果不是人工“天窗”的存在,咸化的潜水及TDS较高的浅层承压水就不会影响到深层承压水。

3 地下水水化学动态变化

选择本流域单一结构潜水含水层的潜水、多层结构潜水—承压含水层分布区的潜水、浅层承压水和深层承压水的典型点,分时段采集了56组水样,在室内进行了 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、TDS等项目的测试,比较不同时间TDS的大小变化,得出了各单元地下水水化学动态变化的基本规律。

3.1 单一结构潜水含水层

单一结构潜水含水层分布区中的103号点位于洪积扇的顶部,潜水位埋深大于200 m,潜水TDS在0.16~0.21 g/L之间波动变化,平均值0.18 g/L,水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Na}$ 型和 $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\text{-Ca}\cdot\text{Na}$ 型为主,从图3中103号点地下水TDS动态变化过程线中可以看出,地下水TDS有逐渐升高趋势。

3.2 单一结构潜水含水层与多层结构潜水—承压水含水层的过渡带

K1点、K4点和SK7点位于单一结构潜水含水层分布区与多层结构潜水—承压水含水层分布区之间的过渡带,K1点正处于洪积扇轴部,井深55.6 m;SK4点和SK7点处于洪积扇西扇缘部位,井深分别为101.5 m和109.7 m,三者所揭露的地下水均属潜

水—微承压水。K1点地下水 TDS在 $0.15 \sim 0.25$ g/L 之间波动,平均值 0.19 g/L,呈现出逐渐升高的趋势(图 3); SK7点地下水 TDS在 $0.3 \sim 0.38$ g/L 之间波动,平均值 0.34 g/L,高于 103号点和 K1点, TDS也

呈现出逐渐升高趋势(图 4),年平均升幅 10.0 mg/L; K4点地下水 TDS在 $0.28 \sim 0.46$ g/L 之间波动,平均值 0.39 g/L,较 SK7点还要高, TDS升高速度更快(图 4)。

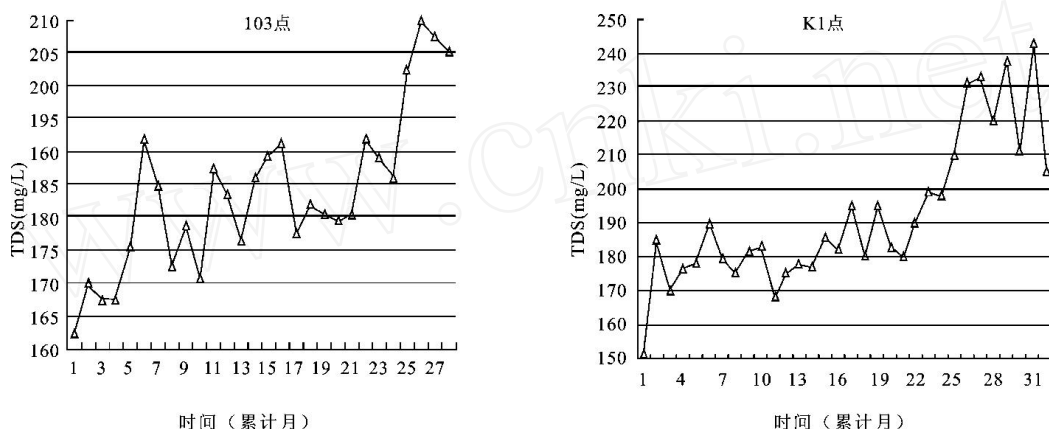


图 3 103、K1点 TDS动态变化过程线

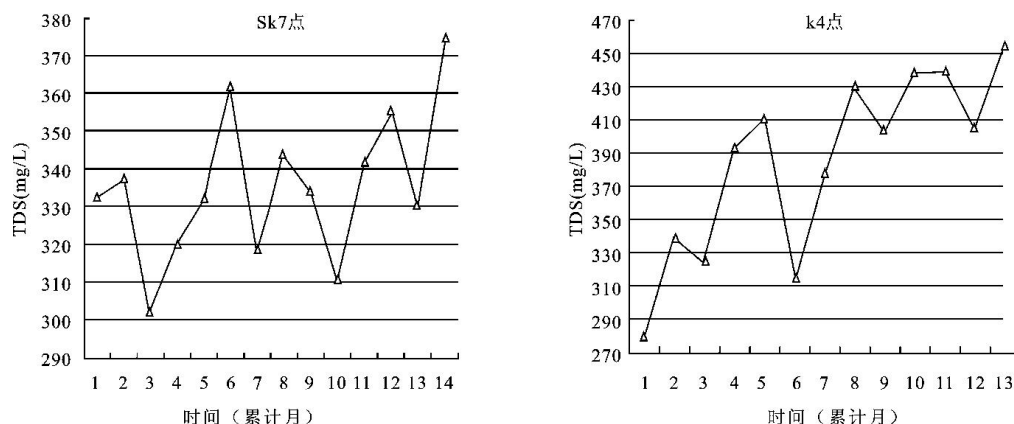


图 4 SK7、K4点 TDS动态变化过程线

3.3 多层结构潜水—承压水含水层

SK12和 SK16点位于多层结构潜水—承压水含水层分布区,井深分别为 120.5 m、 114.3 m,均是浅层承压水。SK12点 TDS在 $0.23 \sim 0.27$ g/L 之间波动,平均值 0.26 g/L, TDS随季节虽有波动,但基本上看不出有升高的趋势(图 4)。SK16点潜水 TDS在 $0.3 \sim 0.39$ g/L 之间波动,平均值 0.31 g/L, TDS随季节也有波动,同样也看不出有升高的趋势(图 5)。

从地下水流向看,SK16点位于 SK12点的上游。二者开采的层位一样,理论上 SK16点的地下水 TDS 应该小于或等于 SK12点,但实际上正好相反,这可能是由于 SK16孔止水效果不是很好,混入了上层 TDS

较高的潜水或浅层承压水所致。

从水化学动态变化看出以下特点:

(1) 洪积扇顶 103号点至扇腹部 K1点,基本上沿着地下水径流方向,随着流程增加,潜水 TDS升高,反映出溶滤作用对水化学成分的影响^[1,2]。

(2) 洪积扇轴部(103号点 K1点)潜水 TDS较低,从扇轴部向西扇边缘方向, TDS升高,而且越靠近扇边缘, TDS的年平均升幅越大。 TDS的这一平面分布规律主要反映出三屯河(包括引河灌溉水)的补给影响。扇轴部紧靠三屯河河道,能受到河水的渗漏补给,加上该区灌区密布,引河灌溉水的回渗补给量也较大,故 TDS较低;而洪积扇边缘部分远离河道,灌区相对较

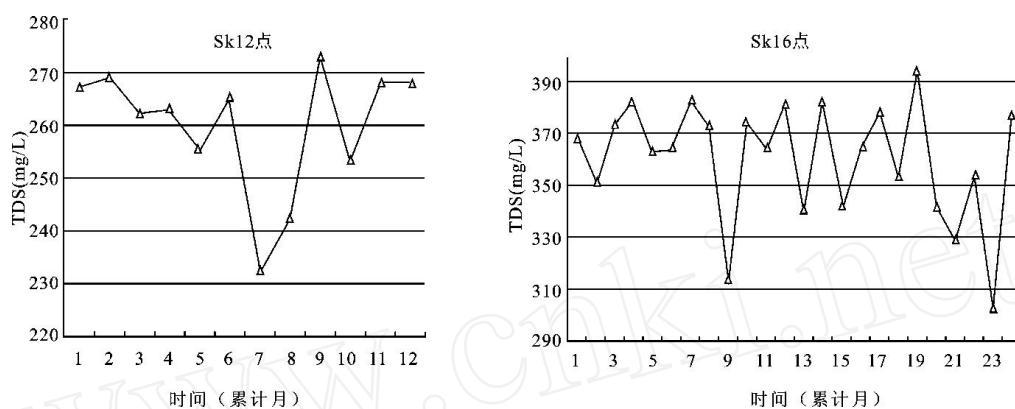


图 5 SK12、SK16点 TDS动态变化过程线

少,该区潜水得到地表水的补给量小,TDS高。

(3) 潜水 TDS随时间呈现逐渐升高的趋势,其原因与不断蒸发及田间灌溉的持续淋滤作用有关。因为田间灌溉入渗补给是单一结构潜水的主要补给项,灌溉水将包气带蒸发积累的盐分不断带入地下水中,使得潜水 TDS逐渐升高,趋于咸化。这是一个应该引起重视的水资源环境问题。

总的看来,单一结构潜水含水层的地下水 TDS呈逐渐升高趋势,单一结构含水层与多层结构潜水—承压水含水层的过渡带的地下水 TDS也呈逐渐升高趋势,洪积扇西扇扇缘的地下水 TDS较洪积扇轴部高。浅层承压水 TDS年内随季节虽有波动,但年季间相对较为稳定。

4 结语

通过研究该流域不同含水层的水化学类型及 TDS

的变化,经分析比较发现,潜水有咸化的趋势,主要原因是田间灌溉淋滤和蒸发—浓缩作用所致;浅层承压水由于上覆咸化潜水的混入,TDS逐渐升高,也向咸化趋势发展;深层承压水 TDS的变化相对较为稳定,但由于局部存在人工“天窗”,浅层承压水混入其中,使局部 TDS发生变化。因此,建议在开采地下水的过程中,应科学布局,控制合理的开采量,防止承压水位过度下降,同时采取有效的分层止水措施,扼制深部地下水咸化发展趋势。

参考文献:

- [1] 王大纯,张人权,史毅虹,等. 水文地质学基础 [M]. 北京:地质出版社,1994: 50 - 62.
- [2] 钱会,马致远. 水文地球化学 [M]. 北京:地质出版社,2005: 1 - 20.