

# 新疆霍城县水环境同位素特征及其指示作用\*

邵杰<sup>1</sup> 李瑛<sup>2</sup> 井晶晶<sup>3</sup> 董美玲<sup>1</sup>

(1. 中国地质调查局国土资源实物地质资料中心, 三河 065201;

2. 中国地质调查局西安地质调查中心, 西安 710054; 3. 河北省区域地质矿产调查研究所, 廊坊 065000)

**提 要:** 在分析研究区水文地质条件基础上, 根据同位素测试结果, 重点分析了地下水、泉水及地表水氢氧稳定同位素和氦同位素的分布特征。潜水  $\delta D$  变化范围为  $-87.71 \sim -75.40\text{‰}$ ,  $\delta^{18}O$  为  $-12.80 \sim -10.91\text{‰}$ 。承压水  $\delta D$  为  $-90.44 \sim -65.57\text{‰}$ ,  $\delta^{18}O$  为  $-13.08 \sim -8.17\text{‰}$ 。地下水氦浓度主要集中在  $15 \sim 30TU$  范围内, 绝大部分地下水为 1953 年以前所补给。地下水与地表水均起源于当地大气降水。潜水与承压水水力联系较强, 潜水与承压水属于同一含水系统, 在开发过程中要十分注重保护这一含水系统, 防止过度开发导致含水系统遭到破坏。

**关键词:** 霍城县; 同位素; 含水系统; 指示作用

中图分类号: P641.2

文献标识码: A

霍城县是我国西北边陲重镇, 西与哈萨克斯坦接壤。在国家实施的“一带一路”经济战略上占有重要地位。由于以往在该地区开展的水文地质工作程度有限, 尤其是水体同位素研究基本是空白, 导致对研究区内的水体同位素特征认识程度较低, 尚不能为区内科学认识水环境同位素特征及其指示作用提供支撑。因此, 开展水体同位素研究工作对地下水资源合理开发利用及生态环境保护具有重要意义<sup>[1-2]</sup>。

## 1 材料与研究方法

### 1.1 研究区概况

霍城县位于伊犁河谷西北部, 伊犁河谷为典型的受河谷控制的山间谷地, 区内第四系地层发育, 包括各个不同时期的多种成因类型的堆积物<sup>[3]</sup>。伊犁河谷地处我国新疆天山山脉西段, 总体呈“三山夹两谷地—盆地”的格局。伊犁河谷河流极为发育, 主要发育四大河流, 分别是巩乃斯河、伊犁河、特克斯河以及喀什河, 伊犁河也是整个河谷区的最低侵蚀基准面<sup>[4]</sup>。按地形的海拔高度、切割深度并结合地貌形态特点, 霍城县境内地貌类型可分侵蚀、冰蚀褶皱断块高山、剥蚀堆积块状隆起中低山和堆积平原三大地貌单元。霍城县平原区地下水主要类型为孔隙潜水和孔隙承压水, 主要赋存于第四系松散孔隙中, 大体上沿连霍高速清水河镇—霍尔果斯一线为潜水和承压水分界线。地下水主要接受北部山区的大气降水、冰雪融水侧向补给, 地下水流向总体受地形影响为自北部山区向平原区流动, 最终排泄到伊犁河, 霍城县水文地质图(图1)。

### 1.2 数据来源

文中以中国地质调查局地质调查项目“新疆伊犁河谷地下水资源及环境问题调查与评价”为依托。2014年7-9月在霍城县进行野外水文地质调查过程中, 同时采集同位素水样, 采样过程中严格按照《环境同位素分析水样采集》导则进行。在整个霍城县境内的不同地貌单元(山前强倾斜砾质平原区、缓倾斜含砾细土平原区、冲洪积细土平原区)采集, 并且分不同水源种类进行采集, 其中研究区氢氧稳定同位素潜水56个、承压水45个、泉水15个、地表水19个, 共计135个。氦同位素潜水17个、承压水17个、泉水

\* 收稿日期: 2016-1-26; 修回日期: 2016-2-22。

基金项目: 中国地质调查项目(1212011220972); 新疆伊犁河谷霍城—霍尔果斯口岸水文地质调查(12120115046401)资助。

作者简介: 邵杰(1989-), 男, 安徽亳州人, 助理工程师, 主要从事水文地质与环境地质方面调查与研究工作。

E-mail: 313439358@qq.com

7个、地表水3个,共计44个。氢氧同位素水样交由具有地质实验测试甲级、国家级计量认证的中国地质调查局西安地质调查中心实验室进行测试,氡同位素交由国土资源部地下水矿泉水及环境监测中心进行测试。

### 1.3 研究方法

文中主要采用将所测水体氢氧稳定同位素样品置于全球雨水线以及当地雨水线中,分析霍城县地下水、地表水中的 $\delta D$ 与 $\delta^{18}O$ 之间的关系,总结霍城县地下水、地表水中 $\delta D$ 与 $\delta^{18}O$ 在不同地貌单元所呈现出的分布特征。并且总结其对地下水在补给、径流、排泄以及不同层位地下水的水力联系的指示意义。分析霍城县地下水、地表水中的氡同位素,根据经验法对霍城县地下水、地表水的补给年龄进行估算。应用氡同位素估算研究区地下水与地表水的补给年龄, Ian Clark 与 Peter Pritz 对其进行了进一步划分<sup>[5-7]</sup>: <0.7 TU - 1953年之前所补给的,其年龄大于48年; 0.7~4 TU - 1953年之前所补给的水与现代水的混合; 5~15 TU - 现代水(小于5~10年); 15~30 TU - 小部分的水为20世纪60~70年代所补给; >30TU - 相当一部分为20世纪60~70年代所补给; >50 TU - 主要在20世纪60~70年代补给。

## 2 结果与分析

### 2.1 $\delta D - \delta^{18}O$ 稳定同位素分析

目前霍城县所在地区还没有建立全球降水同位素网监测站,因此还不能依靠同位素来判定霍城县降水的详细来源以及比例。但可根据其临近监测站资料进行对比研究。距离霍城县最近的全球降水同位素网(GNIP)测站为乌鲁木齐站,根据1986-2002年大气降水的同位素组成,应用最小二乘法求得乌鲁木齐大气雨水线方程为: $\delta D = 7.2^{18}O + 4.5$ ,由于气候干燥、蒸发强烈,与全球雨水线相比斜率稍小。以乌鲁木齐大气雨水线作为研究区当地大气雨水线方程<sup>[8]</sup>。

氢氧同位素测试结果(表1)在霍城县不同地貌单元上(山前强倾斜砾质平原区、缓倾斜含砾细土平原区、冲洪积细土平原区)采集潜水水样56个,其地下水埋深范围在2.5~50.0m。据表1知,潜水 $\delta D$ 变化范围在-87.71~-75.40‰之间,平均值为-81.71‰,变化范围较小。 $\delta^{18}O$ 在-12.80~-10.91‰,平均值为-11.85‰。图2左为潜水 $\delta D$ 与 $\delta^{18}O$ 关系图,潜水氢氧稳定同位素大多数位于全球雨水线的左上方、当地大气雨水线附近,表明潜水的补给来源为当地大气降水,且潜水的补给来源曾经历了较强的蒸发作用而引起氢氧重同位素富集。采集承压水样45个,地下水埋深在50.0~200.0m。承压水 $\delta D$ 变化范围在-90.44~-65.57‰之间,平均值为-82.23‰, $\delta^{18}O$ 在-13.08~-8.17‰,平均值为-11.95‰。图2右为承压水 $\delta D$ 与 $\delta^{18}O$ 关系图,承压水氢氧稳定同位素大多数位于全球雨水线的左上方、当地大气雨水线附近,表明潜水的补给来源为当地大气降水,且承压水的补给来源曾经历了较强的蒸发作用而引起氢氧重同位素富集。将潜水与承压水的氢氧稳定同位素进行对比分析发现,二者的 $\delta D$ 与 $\delta^{18}O$ 的变化范围、平均值以及在图中的关系等特征具有高度的相似性。这表明二者相互转换频繁,具有较强的水力联系。泉水 $\delta D$ 变化范围在-88.77~-73.41‰之间,平均值为-81.87‰, $\delta^{18}O$ 在-13.05~-10.83‰,平均值为-11.94‰。图3左为泉水 $\delta D$ 与 $\delta^{18}O$ 关系图,泉水氢氧稳定同位素大多数位于全球雨水线的左上方、当地大气雨水线附近,表明潜水的补给来源为当地大气降水。地表水 $\delta D$ 变化范围在-85.75~-58.83‰之

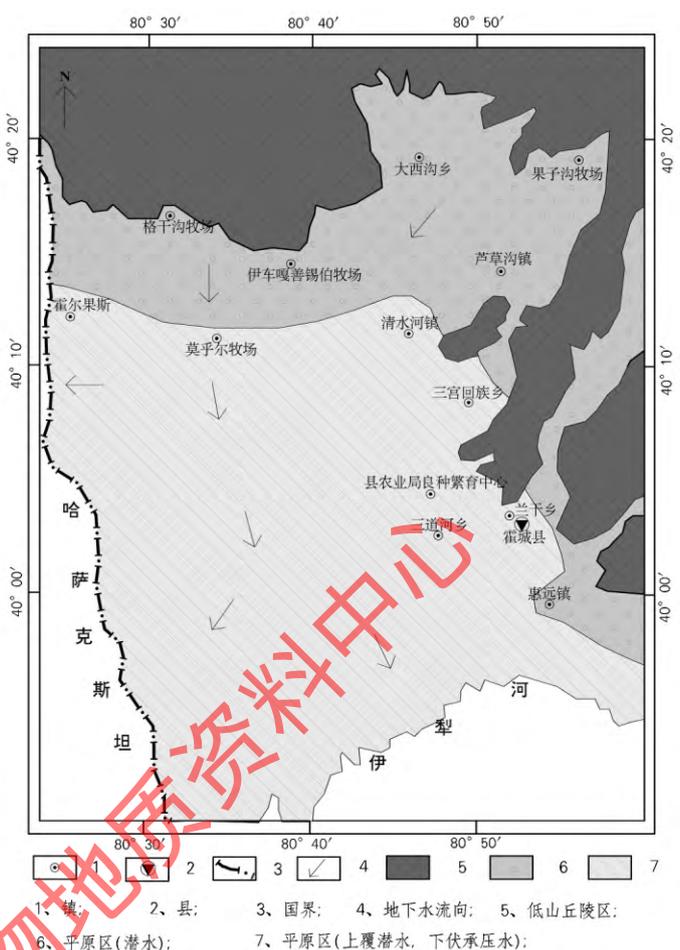


图1 研究区水文地质图  
Figure 1 Hydrogeological map of study area

表 1 氢氧同位素样品测试结果(‰)  
Table 1 Hydrogen and oxygen isotope samples test results (‰)

编号	$\delta D_V$ -SMOW	$\delta^{18}O_V$ -SMOW	编号	$\delta D_V$ -SMOW	$\delta^{18}O_V$ -SMOW	编号	$\delta D_V$ -SMOW	$\delta^{18}O_V$ -SMOW	编号	$\delta D_V$ -SMOW	$\delta^{18}O_V$ -SMOW
Q <sub>1</sub>	-79.34	-11.56	Q <sub>35</sub>	-83.82	-11.93	C <sub>13</sub>	-83.49	-11.82	S <sub>2</sub>	-73.41	-11.02
Q <sub>2</sub>	-77.79	-11.74	Q <sub>36</sub>	-80.87	-11.61	C <sub>14</sub>	-89.88	-12.90	S <sub>3</sub>	-75.49	-10.83
Q <sub>3</sub>	-76.92	-11.67	Q <sub>37</sub>	-82.03	-11.96	C <sub>15</sub>	-88.68	-12.78	S <sub>4</sub>	-88.77	-13.05
Q <sub>4</sub>	-83.92	-12.03	Q <sub>38</sub>	-80.67	-12.07	C <sub>16</sub>	-82.29	-11.62	S <sub>5</sub>	-82.87	-12.26
Q <sub>5</sub>	-76.04	-11.44	Q <sub>39</sub>	-77.53	-11.12	C <sub>17</sub>	-81.93	-12.06	S <sub>6</sub>	-86.32	-12.69
Q <sub>6</sub>	-76.66	-10.95	Q <sub>40</sub>	-81.08	-11.69	C <sub>18</sub>	-82.83	-12.45	S <sub>7</sub>	-80.51	-11.36
Q <sub>7</sub>	-78.05	-11.66	Q <sub>41</sub>	-78.45	-11.30	C <sub>19</sub>	-81.63	-12.14	S <sub>8</sub>	-80.82	-11.77
Q <sub>8</sub>	-81.40	-12.21	Q <sub>42</sub>	-79.92	-10.98	C <sub>20</sub>	-85.10	-12.16	S <sub>9</sub>	-83.35	-12.17
Q <sub>9</sub>	-77.40	-10.93	Q <sub>43</sub>	-81.55	-11.63	C <sub>21</sub>	-83.84	-12.52	S <sub>10</sub>	-84.94	-12.56
Q <sub>10</sub>	-77.07	-11.60	Q <sub>44</sub>	-79.73	-11.68	C <sub>22</sub>	-81.32	-12.11	S <sub>11</sub>	-82.33	-12.14
Q <sub>11</sub>	-77.15	-11.44	Q <sub>45</sub>	-83.72	-11.96	C <sub>23</sub>	-89.91	-13.08	S <sub>12</sub>	-82.85	-11.70
Q <sub>12</sub>	-83.60	-12.13	Q <sub>46</sub>	-81.25	-11.50	C <sub>24</sub>	-80.14	-11.56	S <sub>13</sub>	-80.94	-11.24
Q <sub>13</sub>	-75.40	-10.91	Q <sub>47</sub>	-84.21	-11.89	C <sub>25</sub>	-81.01	-11.78	S <sub>14</sub>	-82.96	-12.29
Q <sub>14</sub>	-83.64	-12.19	Q <sub>48</sub>	-81.67	-11.29	C <sub>26</sub>	-82.57	-12.07	S <sub>15</sub>	-85.35	-12.64
Q <sub>15</sub>	-81.73	-11.91	Q <sub>49</sub>	-83.82	-12.34	C <sub>27</sub>	-84.82	-12.47	D <sub>1</sub>	-77.33	-11.36
Q <sub>16</sub>	-79.67	-11.56	Q <sub>50</sub>	-83.16	-12.15	C <sub>28</sub>	-82.25	-12.19	D <sub>2</sub>	-78.30	-12.00
Q <sub>17</sub>	-87.09	-12.67	Q <sub>51</sub>	-83.37	-11.98	C <sub>29</sub>	-65.57	-8.17	D <sub>3</sub>	-69.87	-10.48
Q <sub>18</sub>	-87.68	-12.71	Q <sub>52</sub>	-81.42	-11.60	C <sub>30</sub>	-81.96	-11.76	D <sub>4</sub>	-58.83	-9.65
Q <sub>19</sub>	-87.71	-12.80	Q <sub>53</sub>	-79.66	-11.28	C <sub>31</sub>	-81.34	-11.71	D <sub>5</sub>	-79.15	-11.45
Q <sub>20</sub>	-84.07	-11.97	Q <sub>54</sub>	-77.79	-11.54	C <sub>32</sub>	-82.66	-12.13	D <sub>6</sub>	-76.72	-11.52
Q <sub>21</sub>	-83.48	-12.01	Q <sub>55</sub>	-84.77	-11.88	C <sub>33</sub>	-84.26	-12.04	D <sub>7</sub>	-74.72	-11.25
Q <sub>22</sub>	-81.94	-12.27	Q <sub>56</sub>	-87.44	-12.64	C <sub>34</sub>	-81.66	-11.82	D <sub>8</sub>	-78.95	-12.02
Q <sub>23</sub>	-83.92	-11.85	C <sub>1</sub>	-81.02	-11.60	C <sub>35</sub>	-83.40	-12.08	D <sub>9</sub>	-76.68	-11.65
Q <sub>24</sub>	-83.48	-12.31	C <sub>2</sub>	-75.67	-11.00	C <sub>36</sub>	-85.62	-12.76	D <sub>10</sub>	-75.37	-11.43
Q <sub>25</sub>	-85.28	-12.50	C <sub>3</sub>	-77.06	-10.91	C <sub>37</sub>	-83.04	-12.35	D <sub>11</sub>	-75.02	-10.69
Q <sub>26</sub>	-83.67	-11.91	C <sub>4</sub>	-81.87	-12.34	C <sub>38</sub>	-82.52	-12.11	D <sub>12</sub>	-76.19	-11.54
Q <sub>27</sub>	-83.05	-12.20	C <sub>5</sub>	-83.81	-11.84	C <sub>39</sub>	-84.95	-12.56	D <sub>13</sub>	-84.14	-12.22
Q <sub>28</sub>	-86.92	-12.23	C <sub>6</sub>	-83.17	-12.42	C <sub>40</sub>	-86.22	-12.72	D <sub>14</sub>	-83.04	-12.06
Q <sub>29</sub>	-84.91	-11.86	C <sub>7</sub>	-82.76	-12.22	C <sub>41</sub>	-86.82	-12.60	D <sub>15</sub>	-74.29	-10.94
Q <sub>30</sub>	-81.37	-11.84	C <sub>8</sub>	-77.81	-11.51	C <sub>42</sub>	-90.44	-12.91	D <sub>16</sub>	-83.31	-11.96
Q <sub>31</sub>	-84.08	-12.41	C <sub>9</sub>	-79.86	-11.30	C <sub>43</sub>	-77.09	-10.87	D <sub>17</sub>	-79.26	-11.24
Q <sub>32</sub>	-81.12	-12.03	C <sub>10</sub>	-80.58	-12.25	C <sub>44</sub>	-81.58	-11.62	D <sub>18</sub>	-82.21	-11.94
Q <sub>33</sub>	-81.43	-12.07	C <sub>11</sub>	-81.12	-11.96	C <sub>45</sub>	-76.99	-10.80	D <sub>19</sub>	-85.75	-12.42
Q <sub>34</sub>	-81.03	-12.01	C <sub>12</sub>	-77.88	-11.61	S <sub>1</sub>	-77.15	-11.43			

注: Q 表示潜水样品, C 表示承压水样品, S 表示泉水样品, D 表示地表水样品。

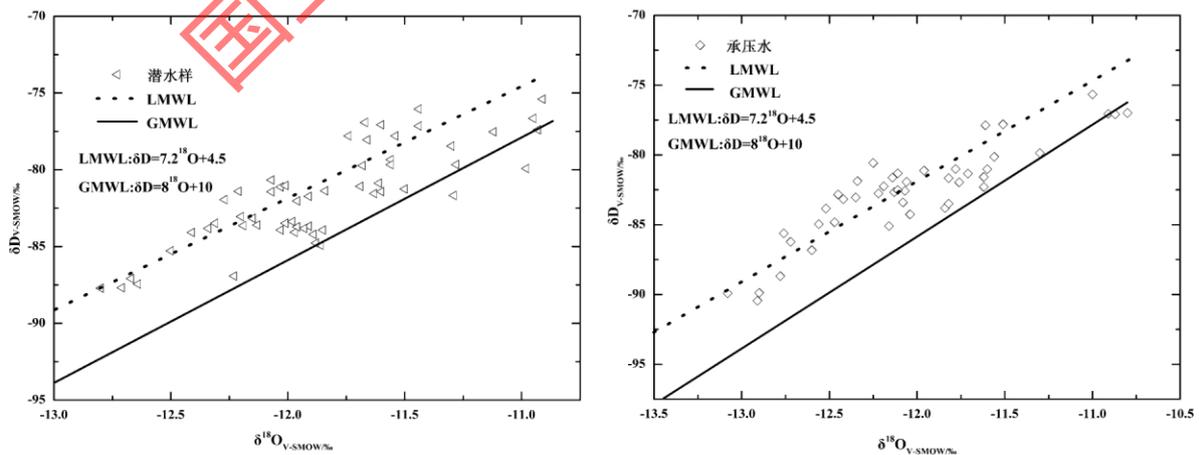


图 2 研究区潜水、承压水  $\delta D - \delta^{18}O$  关系

Figure 2  $\delta D - \delta^{18}O$  relationship between unconfined and confined water in study area

间,变化范围稍大,平均值为  $-77.32\text{‰}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  在  $-12.42 \sim -9.65\text{‰}$ ,平均值为  $-11.46\text{‰}$ 。图 3 右为地表水  $\delta\text{D}$  与  $\delta^{18}\text{O}$  关系图,地表水氢氧稳定同位素大多数位于全球雨水线的左上方、当地大气雨水线附近,表明地表水的补给来源为当地大气降水。

通过分析霍城县潜水、承压水、泉水以及地表水氢氧稳定同位素可以发现,四种不同水源氢氧稳定同位素组成与当地大气降水很相近,且  $\delta\text{D}$  与  $\delta^{18}\text{O}$  变化范围很相似,都分布在全球雨水线左上方以及当地雨水线附近,表明四种水源同起一源,就是当地大气降水。并且都受到不同程度的蒸发作用而引起氢氧重同位素富集。潜水与承压水相互转化频繁,且存在较强的水力联系。潜水与承压水属于同一地下水含水系统。

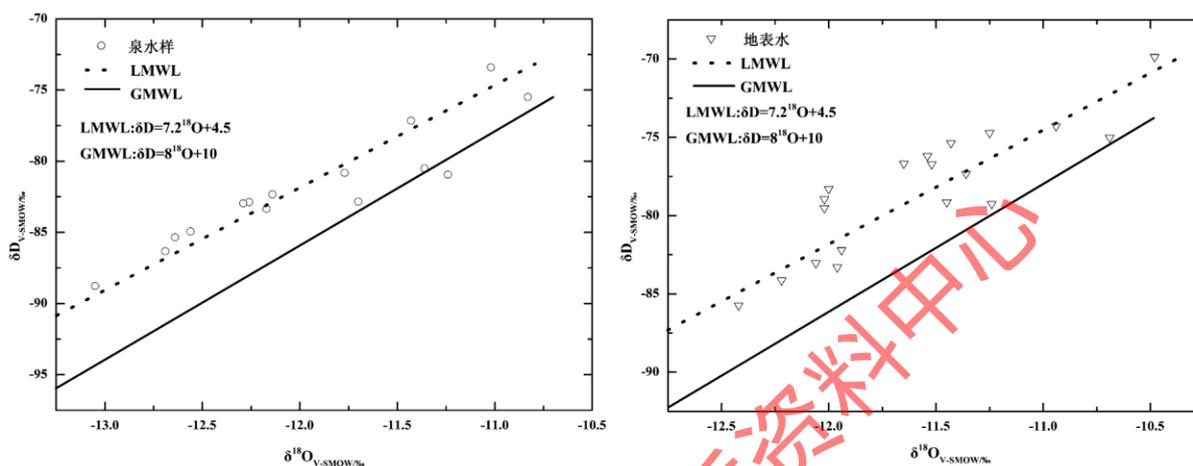


图 3 研究区泉水、地表水  $\delta\text{D} - \delta^{18}\text{O}$  关系

Figure 3  $\delta\text{D} - \delta^{18}\text{O}$  relationship between spring and surface water in study area

表 2 氚同位素样品测试结果

Table 2 Tritium isotope samples test results

编号	埋深(m)	T/TU									
Q <sub>1</sub>	14.0	20.5	Q <sub>12</sub>	12.0	12.2	C <sub>6</sub>	150.0	29.6	C <sub>17</sub>	145.0	17.8
Q <sub>2</sub>	18.8	18.5	Q <sub>13</sub>	5.0	14.9	C <sub>7</sub>	120.0	15.2	S <sub>1</sub>	-	18.9
Q <sub>3</sub>	27.0	26.5	Q <sub>14</sub>	2.5	28.9	C <sub>8</sub>	120.0	17.0	S <sub>2</sub>	-	22
Q <sub>4</sub>	20.0	28.9	Q <sub>15</sub>	6.2	23.3	C <sub>9</sub>	180.0	18.1	S <sub>3</sub>	-	19.5
Q <sub>5</sub>	10.0	34.9	Q <sub>16</sub>	27.0	24.5	C <sub>10</sub>	80.0	17.7	S <sub>4</sub>	-	24.4
Q <sub>6</sub>	31.5	17.0	Q <sub>17</sub>	14.1	18.4	C <sub>11</sub>	178.0	30.2	S <sub>5</sub>	-	21.0
Q <sub>7</sub>	41.0	17.8	C <sub>1</sub>	140.0	18.4	C <sub>12</sub>	100.0	18.1	S <sub>6</sub>	-	23.1
Q <sub>8</sub>	20.0	15.0	C <sub>2</sub>	140.0	22.7	C <sub>13</sub>	150.0	20.1	S <sub>7</sub>	-	23.2
Q <sub>9</sub>	17.7	16.4	C <sub>3</sub>	80.0	30.3	C <sub>14</sub>	70.0	22.6	D <sub>1</sub>	-	18.4
Q <sub>10</sub>	20.0	24.5	C <sub>4</sub>	120.0	42.3	C <sub>15</sub>	100.0	20.3	D <sub>2</sub>	-	25.7
Q <sub>11</sub>	15.0	28.0	C <sub>5</sub>	120.0	25.4	C <sub>16</sub>	60.0	17.9	D <sub>3</sub>	-	19.2

注: Q 表示潜水样品, C 表示承压水样品, S 表示泉水样品, D 表示地表水样品。

### 2.2 T 放射性同位素分析

氚同位素测试结果(表 2) 在霍城县不同地貌单元上(山前强倾斜砾质平原区、缓倾斜含砾细土平原区、冲洪积细土平原区) 采集氚同位素潜水样 17 个, 采样深度在 2.5 ~ 40.0m, 承压水样 17 个, 采样深度在 60.0 ~ 180.0m。据图 4 知, 霍城县地下水氚浓度主要集中在 15 ~ 30TU 范围内, 其随着地下水埋藏深度增大而氚浓度变化不显著, 这也再次证实了前文得出的霍城县潜水与承压水相互转化频繁, 存在较为密切的水力联系, 为同一地下水含水层系统的结论。应用经验法估算地下水年龄, 霍城县地下水氚浓度以 15 ~ 30TU 为主, 霍城县地下水一小部分为 20 世纪 60 ~ 70 年代所补给, 大多数为 1952 年以前所补给。其地下水年龄大于 60 年。泉水氚浓度范围在 18.9 ~ 24.4TU 之间, 地表水氚浓度范围在 18.4 ~ 25.7TU, 泉水、地表水氚浓度与地下水氚浓度十分接近。由此也再次证实前文关于霍城县潜水、承压水、泉水以及地表水四种水源同起一源(大气降水)的结论。

### 3 讨论

目前,同位素技术广泛地应用在地下水循环演化及与地表水相互转化研究中,放射性同位素用来估计地下水的年龄。大气降水中  $\delta D$  和  $\delta^{18}O$  之间的关系对于研究水循环过程中稳定同位素的变化具有重要意义<sup>[9]</sup>。前人尚未对霍城县的地下水同位素展开过相关研究。文中通过对研究区潜水、承压水、泉水以及地表水氢氧稳定同位素特征进行分析总结,发现四种不同水源氢氧稳定同位素组成与当地大气降水很相近,且  $\delta D$  与  $\delta^{18}O$  变化范围很相似,都分布在全球雨水线左上方以及当地雨水线附近,表明四种水源同起一源,就是当地大气降水。并且都受到不同程度的蒸发作用而引起氢氧重同位素富集。潜水与承压水相互转化频繁,且存在较强的水力联系。潜水与承压水属于同一地下水含水系统。所得结论与野外调查实际相一致。

氚是识别现代补给水的常规放射性同位素。它的寿命极短,半衰期为 12.43 年,它直接和水分子结合 ( $^1H^3HO$  或  $^1HTO$ ),因此它是目前实际应用中唯一可确定地下水年龄的放射性同位素,广泛应用于估计上限为 100a 内的地下水的水循环<sup>[10]</sup>。应用经验法估算地下水年龄,霍城县地下水氚浓度以 15~30TU 为主,霍城县地下水一小部分为 20 世纪 60~70 年代所补给,大多数为 1952 年以前所补给。其地下水年龄大于 60 年。泉水氚浓度范围在 18.9~24.4TU 之间,地表水氚浓度范围在 18.4~25.7TU,泉水、地表水氚浓度与地下水氚浓度十分接近。由此也再次证实了霍城县潜水、承压水、泉水以及地表水四种水源同起一源的结论。

### 4 结论

(1) 潜水(埋深 2.5~50.0m)  $\delta D$  变化范围在  $-87.71\%$  ~  $-75.40\%$  之间,平均值为  $-81.71\%$ ,  $\delta^{18}O$  在  $-12.80\%$  ~  $-10.91\%$ ,平均值为  $-11.85\%$ 。承压水(埋深 50.0~200.0m)  $\delta D$  变化范围在  $-90.44\%$  ~  $-65.57\%$  之间,平均值为  $-82.23\%$ ,  $\delta^{18}O$  在  $-13.08\%$  ~  $-8.17\%$ ,平均值为  $-11.95\%$ 。并且潜水与承压水的补给来源曾经历了较强的蒸发作用而引起氢氧重同位素富集。

(2) 地下水氚浓度主要集中在 15~30TU 范围内,且随着地下水埋藏深度增大而氚浓度变化不显著,其地下水补给年龄大于 60 年。泉水(18.9~24.4TU)、地表水(18.4~25.7TU) 氚浓度与地下水氚浓度十分接近。

(3) 潜水与承压水相互转化频繁,且存在较强的水力联系。潜水与承压水属于同一地下水含水系统。故在开发使用地下水过程中,要十分注重保护这一含水系统,防止过度开发潜水或承压水导致含水系统遭到破坏。霍城县潜水、承压水、泉水以及地表水四种不同水源同起一源,即当地大气降水。

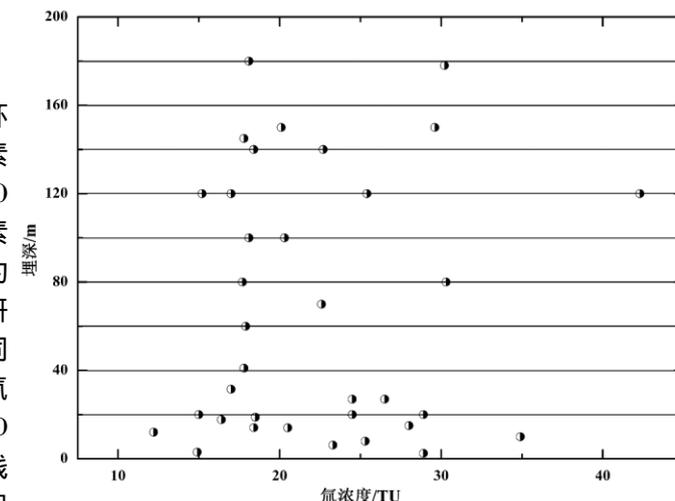


图 4 霍城县地下水氚浓度与地下水埋深关系  
Figure 4 The relationship between tritium concentration in groundwater and groundwater depth in Huocheng county

### 参考文献

- [1] 邵杰. 新疆伊犁—巩乃斯河谷地下水循环演化规律研究[D]. 西安: 长安大学.
- [2] 李向全, 侯新伟, 张宏达, 等. 太原盆地地下水系统水化学—同位素特征研究[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(5): 109-114.
- [3] 中国科学院新疆生态与地理研究所. 天山山体演化[M]. 北京: 科学出版社, 1986: 126-129.
- [4] 伊犁地区水利电力勘测设计院. 新疆伊犁地区地下水资源[R]. 伊犁: 伊犁地区水利电力勘测设计院, 1990.
- [5] 马致远, 钱会. 环境同位素地下水文学[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2004: 15-16.
- [6] 陈宗宇, 齐继祥, 张兆吉. 北方典型盆地同位素水文地质学方法应用[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 35-40.
- [7] 田华. 关中盆地环境同位素分布特征及水文地质意义[D]. 西安: 长安大学, 2003.
- [8] 刘宗鑫, 董新光, 吴彬, 等. 新疆鄯善县水环境同位素特征及其指示作用[J]. 水资源与工程学报, 2014, 25(2): 164-165.
- [9] 李晖, 蒋忠诚, 王月, 等. 新疆地区大气降水中稳定同位素的变化特征[J]. 水土保持研究, 2009, 16(5): 158-159.

[10]张应华, 仵彦卿, 丁建强, 等. 运用氧稳定同位素研究黑河中游盆地地下水与河水转化[J]. 冰川冻土, 2005, 27(1): 106-107.

## Feature of isotopes of water environment and their indication in Huocheng County of Xinjiang

SHAO Jie<sup>1</sup>, LI Ying<sup>2</sup>, JING Jingjing<sup>3</sup>, DONG Meiling<sup>1</sup>

(1. Cores and Samples Center of Land & Resources (CSCLR), China Geological Survey (CGS), Sanhe 065201, China;

2. Xi'an Center of Geological Survey, China Geological Survey (CGS); Xi'an 710054, China;

3. Hebei Institute of Geology and Mineral Resources Survey, Langfang 065000, China)

**Abstract:** On the basis of analyses of hydrogeological conditions of the study area, according to the isotope test results, the distribution characteristics of hydrogen and oxygen stable isotopes and tritium isotope of groundwater, spring and surface water were emphatically analyzed. Unconfined water  $\delta D$  varies from 87.71‰ to 75.40‰,  $\delta^{18}O$  varies from 12.80‰ to 10.91‰. Confined water  $\delta D$  varies from 90.44‰ to 65.57‰,  $\delta^{18}O$  varies from 13.08‰ to 8.17‰. Tritium concentration in the groundwater mainly varies from 15 TU to 30 TU. The vast majority of the groundwater were recharged by 1953 years ago. Groundwater and surface water are originated from the local atmospheric precipitation. Mutual transformation between unconfined and confined water is frequent, and there is a stronger connection; unconfined and confined water belong to the same aquifer system. In the process of development of groundwater, it should be paid attention to protect the water system, prevent the excessive development of unconfined or confined water from destructing the aquifer system.

**Key words:** Huocheng County; isotope; aquifer system; indicative effects

国土资源实物地质资料中心