

内蒙古阿拉善左旗区域地下水环境同位素特征 及其反应的水文地质条件

李曦滨

(中国煤炭地质总局水文地质工程地质环境地质勘查院, 邯郸 056004)

摘要: 内蒙古阿拉善左旗是国家西部重点缺水地区,为缓解该地区的缺水现状,开展了“内蒙古阿拉善左旗找水勘查”项目,工作中应用了环境同位素方法,在充分收集前人对区域环境同位素研究成果的基础上,结合本次工作取得的环境同位素资料,综合分析,揭示了工作区地下水的环境同位素特征,为正确认识该区域地下水的形成、补给、迳流和排泄条件提供了充分有力的依据。

关键词: 内蒙古阿拉善左旗 同位素特征 水文地质条件

1 勘查区概况

工作区位于内蒙古自治区阿拉善左旗境内贺兰山西麓至腾格里沙漠东缘,银川平原与阿拉善高原之间。贺兰山山势高大,林深草茂,海拔 2500~3000m,向西地形依次变为杂有红层台地和残丘的倾斜平原区。气候属中温带大陆性气候干旱区,受蒙古高压控制,降水稀少,气温低,日照强烈,年平均气温 8℃左右,多年平均降水量 211.84mm,降水多以暴雨形式集中于 7、8 两月,降水量在平面分布上由东向西逐渐变小,从贺兰山区的 419.9mm 到西部沙漠区递减到 146.1mm。区内蒸发作用强烈,多年平均蒸发量 2008.2mm。

本区地层出露比较齐全,前古生界、中生界主要分布于贺兰山区,山前仅零星出露,山前倾斜平原为新生界所覆盖。地层自老到新为:太古界、元古界、古生界(寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系)、中生界(三叠系、侏罗系、白垩系)及新生界(第三系、第四系)。

区内构造体系主要有:天山-阴山纬向构造体系,贺兰山经向构造体系,卫宁北山纬向构造体系,祁吕贺山字型构造体系的脊柱-贺兰山褶皱带,北西向构造体系以及新华夏构造体系。其中起主要作用的是祁吕贺山字型构造的脊柱成分和新华夏构造体系。控制了本区山川基本格架,为控制本区水文地质条件的主要构造。

勘查区水文地质条件比较复杂,主要受区域地质、地貌、构造、水文、气候等诸因素的控制和影响。分为 3 个水文地质区:a.贺兰山山地水文地质区;b.山前丘陵、台地水文地质区;c.山前倾斜平原水文地质区。

根据地下水赋存条件、水力特征及含水层间的组合关系,本区地下水含水岩组划分为四种:松散岩类孔隙水含水岩组;碎屑岩类裂隙孔隙水含水岩组;基岩裂隙水含水岩组;碳酸盐岩溶裂隙水含水岩组。

2 区域地下水环境同位素特征

针对工作区气候干旱、降水稀少、蒸发强烈,水文地质条件复杂,找水难度大等特点,工作中应用环境同位素技术方法,在遥感水文地质测绘中对重要性、控制性的井、泉、地表

水等，以及勘查找水目标区施工的寒武~奥陶系（A₂、A₄、A₆）第三系（A₃、A₅）及第四系等找水勘查孔，分别进行了同位素采样测试分析^[1]；同时广泛收集区内前人有关的同位素研究资料^[2]，共完成同位素试验测试 40 组。通过试验测定了氕、氘、氧-18、碳-14 等同位素指标，为区域地下水环境同位素的研究分析，提供了丰富的基础资料。

在充分收集前人对区域环境同位素特征研究成果的基础上，结合本次工作取得的环境同位素资料，综合研究分析，根据环境同位素试验资料绘制 ¹⁸O 与 D 相关图（图 1）（图中点编号为水样点在资料表中的顺序号）。

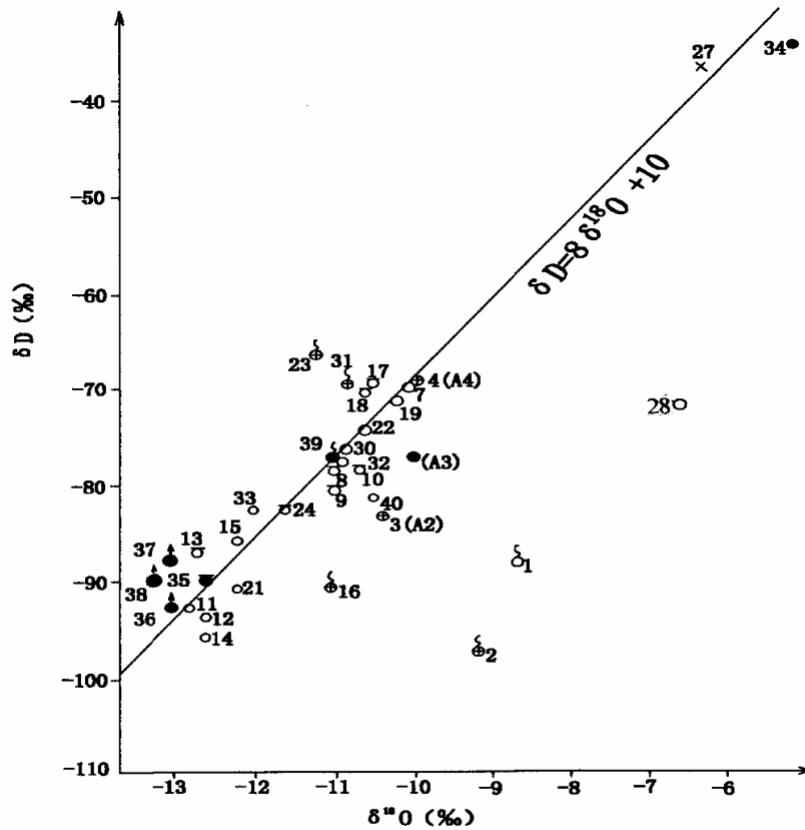


图1 区域地下水、地表水 ¹⁸O 与 δD 相关图

- 灰岩水、泉水 □ 第四系、第三系井水 ▲ 第三系自流水
- ◇ 第四系、第三系泉水 ◻ 第四系、第三系承压水 × 雨水

通过资料分析，地下水同位素 ¹⁸O 值范围为-6.3‰ ~ -13.2‰，大部分集中在-9.9‰ ~ -13.2‰范围内；D 值为-36‰ ~ -96‰，大部分集中在-67 ~ -96‰范围内；d 参数为-33.6‰ ~ +22.6‰，大部分为 0 ~ +14‰，在 ¹⁸O 与 D 相关图上，全部水点均落在 Craig 全球雨水线附近^[3]，这表明区内地下水的形成均来源于大气降水的补给。同时地下水中的氕含量值极不均匀，大者达 75.6TU，小者小于 1TU。绝大部分小于 10TU，这说明了区内绝大部分的地下

水中现代降水（近 40~50 年）补给的份额甚少或无。同时 ^{14}C 年龄测定的结果表明，盆地地区地下水在含水层中滞留时间为数千年至一、两万年不等。

从地下水取样点所处地形地貌特征来看，由东向西，从山区至山前洪积平原，再到盆地中心以及沙漠区，地下水的同位素组成有明显的差异。由山区~平原~盆地中心， ^{18}O 为 -10‰~-11‰~-12.8‰， D 值为 -70‰~-80‰~-96‰，即呈递减趋势，即由山区至盆地和沙漠边缘，地下水愈来愈贫重同位素，出现逆高程效应现象，沙漠深处则富重同位素。

山区沟谷第四系潜水接受现代大气降水入渗补给，氡含量高达 71.8TU， ^{18}O 为 -10‰， D 为 -71‰， d 参数为 +9‰。这种同位素组成特征及参数代表了本地区以大气降水为补给的山区沟谷第四系潜水的同位素背景值。

第四系盆地山前洪积扇区，包括腰坝盆地、关涝坝盆地、查哈尔滩，地下水埋藏较深，为潜水或承压水， ^{18}O 值低于 -1‰， D 值低于 -10‰，特别是氡含量均小于 6TU， d 参数为 +9‰~+10‰，表明这些区域地下水形成为大气降水的特征，反映了当时古气候较现代略寒冷和湿润， ^{14}C 年龄测定地下水在含水层中的滞留时间为 12620 年。

盆地中心地带，如陶苏湖、巴彦达来湖区，不论是承压水还是潜水，也不论是咸水或淡水，同位素值均很接近；而沙漠边缘，也明显低于山前洪积扇区， ^{18}O 值小于 -12‰， D 值低于 -85‰，氡含量低于 7.2TU，反映了现代大气降水补给很少，地下水形成时的古气候明显偏寒冷和湿润。与此同位素组成相一致的地区是盆地北侧的淖尔套台地老第三系砂岩、砾岩含水层的承压水和自流水，在其中采取的 ^{14}C 水样测得的地下水年龄为 15100~19980 年。对比北部相邻的吉兰泰盆地的资料，吉兰泰盆地的第四系、第三系自流水同位素组成与此相一致，而其山前深埋潜水则与本地区盆地边缘洪积扇区同位素组成相一致。

至于沙漠地区，湖水的同位素组成与现代降水相一致，再加上强烈的蒸发作用，重同位素相对富集， δ 值很高。

岩溶地下水的同位素组成一般位于雨水线右下方，由于所处的地貌条件、地质环境的不同，各地特征有所不同。总的来说，山区的岩溶水同位素接近于现代降水的同位素组成， A_4 孔 ^{18}O 、 D 值分别为 -9.89‰和 -70.65‰， A_2 孔则分别为 -10.43‰和 -84.1‰，但氡含量不高， A_4 、 A_2 孔分别为 5.78 和 19.54TU，表明在岩溶区下胡吉太区是现代水与古水混合水。

3 地下水的形成环境和形成期

从区域地下水的同位素分布特征和变化规律来看，处于干旱地区的阿拉善左旗地区地下水的形成不是连续的，存在着明显的阶段性即形成期。这在 ^{18}O 与 D 相关图上表现为水点存在明显不同的聚集区域。总的来说在地质历史时期有两个重要的地下水形成期。最早的一个时期是距今 15000~20000 年前的第四纪最后一个冰期或冰后期，当时气候比现在寒冷、潮湿、多雨，形成的地下水贫重同位素， δ 值偏低。这个时期形成的地下水被后期地下

水排挤而运移至第四系沉积盆地中心或者保存在封闭条件较好的第三系地层中(如淖尔套台地)保存至今。第二个重要的形成期为距今 7000~12000 年,这个时期气候变得较温暖、湿润,地下水中重同位素有所增加,但仍低于现代大气降水和现代地下水。在主要地下水形成期之间,可能存在地下水的少量补给甚至无补给的时期。

现代大气降水入渗补给地下水仅仅发生在少部分地区,包括沙漠潜水、沟谷第四系孔隙潜水,氡含量较高。第四纪断陷盆地中地下水受现代大气降水的影响主要是由于山区洪流进入盆地入渗补给地下水,基本无降水直接入渗补给,其氡含量较低,一般小于 10TU。

4 同位素特征反映的工作区水文地质条件

工作区自东向西由近南北向的山前大断裂、巴彦浩特断裂和锡林高勒断裂切割成阶梯状断块,东为贺兰山、中间为山前丘陵台地,西为腰坝~格灵布隆滩断陷盆地。受地质条件的制约,结合不同地块同位素特征分析,本地区大气降水补给地下水的途径是山区基岩和山前台地沟谷第四系直接接受大气降水入渗补给,同时山区产生的洪流进入盆地入渗补给,盆地内基本无降水直接入渗补给。山前大断裂和巴彦浩特断裂导水性能很弱,山区地下水通过向沟谷中排泄与沟谷潜水一起迳流,沿古河道运移进入山前盆地。第四系断陷盆地处于相对封闭的地质环境中,地下水向盆地中心迳流,蒸发排泄;大气降水基本消耗于蒸发;洪水的补给区主要集中于平原区北部盐路口子、西部的通古淖尔一带。

岩溶分布区,雪岭子沟~南寺一带地下水由大气降水直接入渗补给,同位素值接近于现代大气降水,但近期降水补给量较少;樱桃沟入渗条件较好,近期降水补给量增加,古水占一定比例,这说明此区域处于孤立的相对封闭的地质环境中。下胡吉太区岩溶地下水与樱桃沟岩溶地下水基本无联系,分属于不同的地下水亚系统。

5 结 语

本次勘查找水工作采用遥感水文地质测绘、地面物探、水文钻探、抽水试验、水文测井、动态观测、水化学及环境同位素等综合勘查手段,取得了较好的效果,其中 A₂ 号孔单井出水量达 2207m³/d,在干旱缺水的贺兰山西麓找到了丰富的岩溶地下水,取得了重大突破。尤其是工作中应用环境同位素理论方法,通过研究本区地下水的环境同位素特征,地下水的形成环境、形成期、补给和运移机制等条件,对分析区域水文地质条件、地下水的补迳排条件,以及勘查找水工作提供了丰富翔实、充分可靠的依据,也为今后水文地质勘查工作提供借鉴。

参考文献:

- [1]中国煤炭地质总局水文地质工程地质环境地质勘查院和中国煤炭地质总局第二水文地质队,内蒙古阿拉善左旗找水勘查总结报告,2001年12月;
- [2]内蒙古自治区阿拉善左旗水利局,内蒙古阿拉善左旗腰坝盆地找水报告,1999年12月;

[3] 王恒纯, 同位素水文地质概论, 北京, 地质出版社 1991.8。