

文章编号:1001-4810(2006)04-0320-04

内蒙桌子山地区凝结水对岩溶地下水补给的探讨

梁永平¹, 阎福贵², 侯俊林², 王维泰¹

(1. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 广西 桂林 541004; 2. 内蒙古自治区地质调查院, 内蒙 呼和浩特 010020)

摘要:内蒙桌子山区为西北干旱地区, 平均年降水量不足200mm。区内中、下奥陶统碳酸盐岩中岩溶水是当地重要供水水源。该区岩溶地下水氢氧同位素关系图表明, 其样点基本分布在当地雨水线左上方, 存在明显的反向“氧漂移”现象, 这种现象在作者所见到我国北方多数岩溶泉域岩溶地下水的同位素分布是唯一的。通过本区特定的气候、水文地质条件以及自然条件分析认为, 本区岩溶地下水中可能存在凝结水的补给, 这一观点在2004年8月30日清晨的露水同位素取样分析后得到了进一步支持。

关键词:桌子山地区; 岩溶地下水; 凝结水补给; 同位素

中图分类号:P641 **文献标识码:**A

我国西北干旱、半干旱地区包气带中是否存在凝结水, 在通过大量的测试研究后已得到肯定的结论^[1~6]。研究表明, 凝结水的形成主要取决于气象条件和表层土质结构, 一般认为凝结水量与近地空气相对湿度大小、日温差大小, 地表土层粘粒含量多少呈正比; 凝结水形成的深度则随着粒径的增大而增加。凝结水对地下水是否存在补给目前还存在较大争议, 有些学者认为, 凝结水一般发生在表土5cm深度以上^[4], 不可能形成对地下水的补给, 而张建山等^[1, 6]在陕北榆林地区根据凝结水形成机理及测试, 推求出凝结水对地下水的补给量可占降水补给量的10%; 鄂尔多斯盆地地下水勘查报告(1999—2002年)认为, 盆地内来自于凝结水的白垩系地下水补给量占地下水补给总量的6%; 黄金廷、王文科等在鄂尔多斯盆地白垩系地下水研究认为存在凝结水补给, 但补给量不大^[2]。由于凝结水形成运移的复杂性, 试验工作主要集中在包气带湿度或水分含量的测定方面, 没有从地下水本身着手开展研究, 因此, 凝结水对地下水补给的肯定与否定观点均没有直接证据, 目前还无法获得统一认识。至于碳酸盐岩区的凝结水补给问题, 由于岩石坚硬, 岩层内空隙分布高度不均, 包气带湿度、含水量的直接测定难以开展, 目前国内外均没有这方面的研究, 更没有凝结水对岩溶地下水补给的研究报道。

1 桌子山地区岩溶水文地质条件概述

内蒙桌子山地区位于鄂尔多斯盆地西缘北段, 行政区隶属于内蒙古自治区乌海市及鄂托克旗。区内为干旱气候, 多年平均降水量158.09mm(1971—2004年资料), 主要集中在6—9月份, 占全年降水量的70%以上, 其它季节降水很少, 特别是冬季仅为2~4mm, 占全年降水量的2%。山脉均呈南北走向(图1), 北部东侧为桌子山, 西部为与桌子山平行排列的岗德尔山, 南部为老石旦山。黄河紧贴老石旦山和岗德尔山西侧从南向北流过, 区内由北向南平行发育近东西向千里沟、苏白音沟和乌珠岭沟季节性支流, 各沟谷水量直接汇入黄河。区域构造属鄂尔多斯盆地西缘南北古脊梁带北段, 构造形迹由南北走向的断褶带构成(图1), 从东向西分别是车道—阿色郎断层、桌子山背斜、卡布齐向斜、岗德尔山东缘断裂、岗德尔山背斜。地貌上背斜成山, 向斜成谷, 在各背斜东翼形成区域性压性冲断层。区内主要出露有前寒武系变质岩系、石英岩状砂岩, 寒武系泥质碳酸盐岩, 奥陶系碳酸盐岩, 石炭、二叠纪煤系地层及新生界松散层。其中奥陶系构成碳酸盐岩含水层。

根据区域岩溶地下水的循环条件, 将本区分为拉

基金项目:地质大调查项目“鄂尔多斯盆地地下水研究勘查岩溶水专题”(编号:1212010331302ZT5)

第一作者简介:梁永平(1962—),男,研究员,从事北方岩溶地下水调查与研究。E-mail:liangyp@mail.karst.ac.cn。

收稿日期:2005-10-24

僧庙泉岩溶地下水子系统、千里沟泉岩溶地下水子系统和岗德尔山岩溶地下水子系统,3 个子系统总面积为 3 054. 29 km²,其中碳酸盐岩裸露区总面积 362. 29 km²。受强烈的物理风化作用影响,碳酸盐岩裸露区发育大量风蚀洞和风化碎石,地表极为粗糙。各子系统岩溶地下水主要接受桌子山区、岗德尔山区碳酸盐岩裸露区降水入渗补给和少量季节性河流渗漏补给,并分别向拉僧庙泉、千里沟大泉和黄河排泄(图1)。岩溶地下水位埋深在山区无钻孔控制,在山前埋深一般

在 10~160m 不等。拉僧庙泉子系统内控制钻孔相对较多,在北部苏白音沟口勘探孔,水位埋深 11. 1m,据访问,在地表奥陶系灰岩与石炭系碎屑岩接触处雨季有岩溶地下水间歇性溢流泉;到中部棋盘井一带水位埋深加大,达 114~162m;向南到拉僧庙一带水位又渐达地表,形成拉僧庙泉。据近 5 年的观测资料,地下水动态主要受当年降水控制,年内动态表现出明显的气候型特征,这一点与区内地下水子系统规模较小,岩溶地下水循环更替快密切相关。

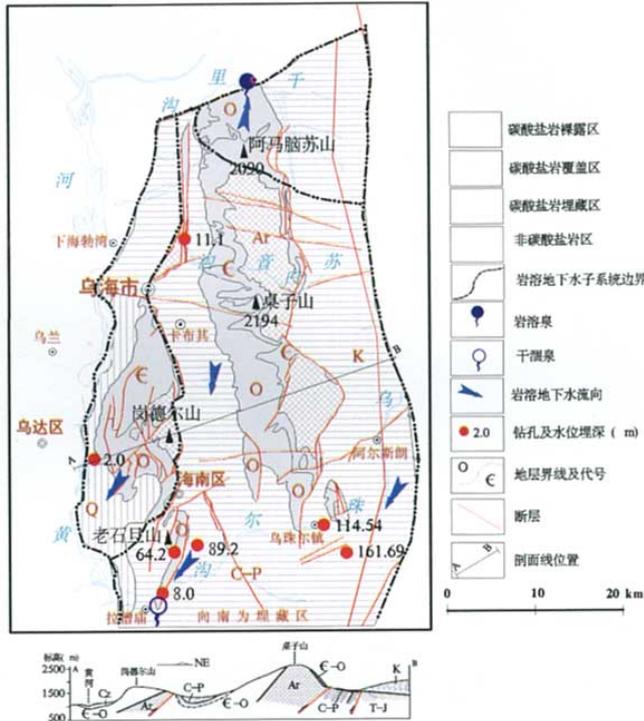


图 1 桌子山岩溶地下水系统水文地质略图

Fig. 1 Hydrogeological sketch of karst groundwater system in Zhuozi Mountain region

2 问题的提出

在开展桌子山地区岩溶水文地质条件的调查分析过程中,我们对岩溶地下水及区内棋盘井雨水氢氧同位素进行了取样分析(图 2A),结果出现了岩溶水样品氢氧同位素样点除一个样品外,均分布于当地雨水线左上方的现象,具有反向“氧漂移”的特征,与我国北方其它地区岩溶水的同位素组成基本集中在当地雨水线两侧的情况比较,这种情况是唯一的(图 2A~J)。据此,我们分析本区岩溶地下水可能存在有凝结水的补给。

3 凝结水对岩溶地下水的补给分析

3.1 凝结水补给岩溶地下水的条件分析

对区内存在凝结水对岩溶地下水补给的推测主要基于以下几个方面的考虑:

(1)桌子山区紧邻黄河,受黄河水蒸发影响,本区空气湿度相对较高,根据乌海气象局资料,区内 7、8 月份平均湿度一般在 65% 以上,2002 年 10 月和 2003 年 5 月平均湿度分别达到 83% 和 82%,这样为凝结水产生提供了基础。

(2)区内日温差一般达 10~20℃,而在雨水季节地表日温度差可达 40℃ 以上,为空气中水的冷凝提供了必要条件;

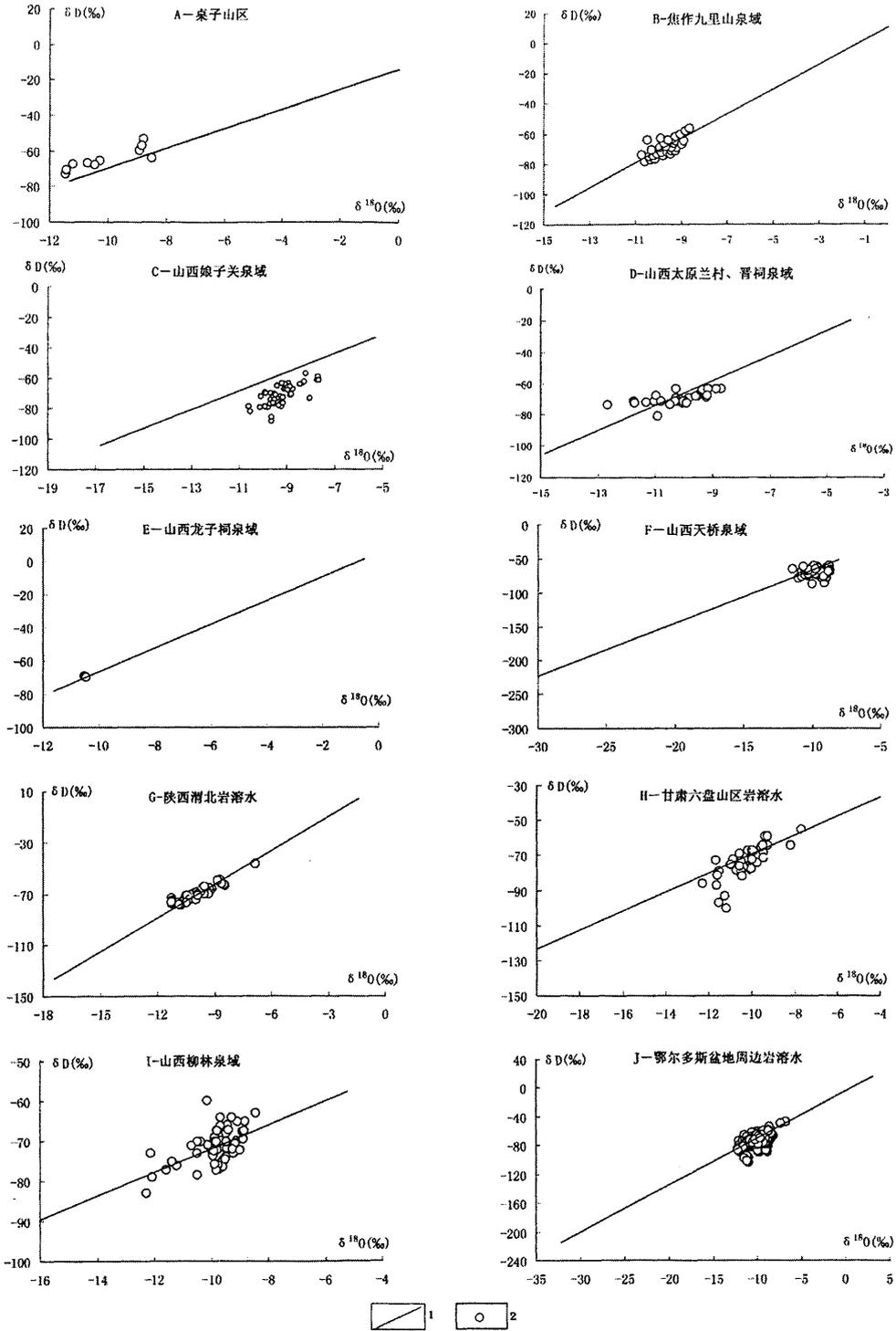


图2 北方部分地区岩溶地下水氢、氧同位素组成对比图

Fig. 2 Comparison of hydrogen and oxygen isotopic compositions of karst groundwater in some regions in North China

(3)本区干旱指数接近12,为极度干旱的气候条件。当水体受快速蒸发后,产生同位素的动力分馏,导致蒸发后剩余水体中氧的重同位素富集,形成类似地下水热水的“氧漂移”现象(如鄂尔多斯盆地内与蒸发作用的有关河水、水库水多数同位素分布向当地雨水线右下方偏移),而被蒸发形成的水汽同位素分布则相反地向当地雨水线左上方偏移,这部分水经过凝结并补给岩溶水后,即会使岩溶水出现类似特征。

(4)本区多年平均降水量仅为158.09mm,根据我们对区内千里沟泉岩溶地下水子系统多年观测与均衡计算,碳酸盐岩裸露区降水入渗系数为0.13,降水对岩溶地下水的入渗补给量相对较少,而一旦有冷凝水补入,尽管其绝对量值不大,但其所占比重却不可忽视,凝结水中的同位素特征就会在岩溶地下水中表现出来。

3.2 凝结水对岩溶地下水补给的进一步证实

为证实上述推论,在继续开展区内岩溶地下水同位素取样分析的同时,我们于2004年8月30日清晨在棋盘井镇对露水样品进行了收集测试,其结果见图3。由图3可以看出,棋盘井雨水样品(4个样)的雨水

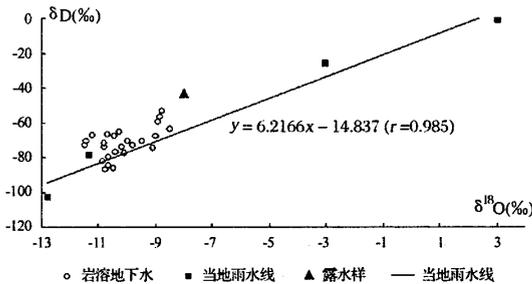


图3 桌子山地区雨水、岩溶地下水氢氧同位素关系图
Fig. 3 Relationship of hydrogen and oxygen isotopes between rain water and karst groundwater in Zhuozi Mountain region

线方程($r=0.985$)的斜率为6.22,接近于蒸发线斜率,与当地气候条件相一致;岩溶地下水同位素样除少数外,主要分布在当地雨水线左上方;露水样品也处于雨水线左上方,这进一步证明了本区岩溶地下水存在有凝结水补给的推测。

4 结论与存在问题

(1)桌子山地区岩溶地下水氢氧同位素分析结果表明,区内岩溶地下水存在一定量的凝结水补给。

(2)凝结水对地下水补给的问题除了开展包气带的测试研究外,通过同位素方法从地下水中寻求直接证据不失为另一种选择方法。

(3)受时间与条件限制,本次所取得的当地雨水及露水分析样品偏少,影响了推测结论的可靠程度,需要今后继续开展分析研究。此外,如能对当地黄河水进行蒸发前后的样品进行同位素分析测试,特别是对凝结水进行直接收集测试,将会进一步增强研究结论的说服力。

参考文献

- [1] 张建山,仵颜卿,李哲. 陕北沙漠滩区降水入渗与凝结水补给机理试验研究[J]. 水土保持学报,2005,19(5):124-126.
- [2] 黄金廷,王文科,马雄德,等. 鄂尔多斯沙漠高原区白垩系含水层补给源的探讨[J]. 地下水,2005,27(6):457-459.
- [3] 曹文斌,万力,周训,等. 西北地区沙丘凝结水形成机制及对生态环境影响初步探讨[J]. 水文地质工程地质,2003,(2):6-10.
- [4] 郭占荣,韩双平. 西北干旱地区凝结水试验研究[J]. 水科学进展,2002,13(5):623-628.
- [5] 张建山. 沙漠滩区凝结水补给机理研究[J]. 地下水,1995,17(2):76-77.
- [6] 冯起,高前兆. 半湿润沙地凝结水的初步研究[J]. 干旱区研究,1995,12(3):72-77.

DISCUSSION ON CONDENSED WATER SUPPLY TO KARST GROUNDWATER IN ZHUOZI MOUNTAIN REGION, INNER MONGOLIA

LIANG Yong-ping¹, YAN Fu-gui², HOU Jun-lin², WANG Wei-tai¹

(1. Institute of Karst Geology, CAGS, Guilin, Guanxi 541004, China; 2. The Geological Investigation Institute of Inner Mongolia Municipality, Hohhot, Huhahaote 010020, China)

Abstract: The Zhuozi Mountain area of Inner Mongolia is an arid region in the northwest of China. The average annual precipitation is less than 200 mm. The middle and lower Ordovician carbonate rock karst water-bearing stratum in the district is important resource of water supply. Oxyhydrogen isotope relationship curve in the region indicates that the samples basically distribute in the upper left of local rainwater line and an obvious phenomenon of reverse “Oxygen drifting” exists. This kind of isotope distribution is the only one in the most karst groundwater in northern karst spring area that the authors have ever studied. From the particular climate, hydrogeological and natural conditions in this district it can be concluded that there might be condensed water supply to karst groundwater in this area. This point of view was evidenced by analysis of dew isotope.

Key words: Zhuozi mountain region; Karst groundwater; Condensed water supply; Isotope