

应用氢氧同位素确定地下水补给的最低降水强度

马洪云, 尹立河, 黄金廷

中国地质调查局干旱—半干旱地下水与生态重点实验室, 中国地质调查局西安地质调查中心,
陕西西安, 710054

干旱区通常面临着水资源紧缺和生态环境脆弱等诸多环境问题, 人类活动的参与往往使得这些问题变得更为突出。鄂尔多斯盆地深处亚欧大陆腹地, 地形封闭, 远离海洋, 属于典型的温带干旱区, 水资源较为贫乏, 地下水成为该区最为稳定可靠的水源保障。

降水入渗是鄂尔多斯盆地地下水的唯一补给来源。因此, 准确的评价干旱区地下水面状补给是准确评价鄂尔多斯盆地水资源量的关键。

本次研究依据鄂尔多斯盆地降水同位素存在雨量效应的特征, 建立包气带截留阈值模型, 依据阈值模拟结果与地下水同位素结果进行对比, 确定可以补给到地下水的降水强度, 从而为准确确定区域地下水的潜在补给量提供科学依据。

1 鄂尔多斯盆地同位素雨量效应

研究表明, 干旱区降水时, 在雨滴下落过程中可能出现二次蒸发, 从而造成部分降水同位素丰度偏富集的现象, 这种现象在低强度降水时尤为明显。

把鄂尔多斯盆地降水氘丰度与次降水的降水量作对比, 结果显示本区降水可以分为明显的两组, 组 1 氘同位素丰度在-110‰至-45‰之间, 这部分降水似乎未经历二次蒸发过程, 因此, 随雨量变化未表现出氘丰度递增或递减的关系; 组 2 氘同位素丰度大于-45‰, 脱离了本区降水氘同位素的一般分布区。这部分降水的强度小于 15mm, 且表现出明显的随降水量减小氘丰度偏富集的现象。说明这部分降水受到了二次蒸发的影响。

组 2 的降水量虽然较小, 但由于其同位素丰度与大部分降水的同位素丰度存在较大差异, 这部分水是否对地下水构成补给则直接影响了整个地下

水的平均同位素丰度。

2 地下水动态

本区地下水水位变化主要受面源补给, 如降水, 和面源消耗, 如蒸发和植被蒸腾, 影响。多年地下水动态显示, 地下水水位对单次降水量超过 10mm 的降水事件具有明显的正响应, 即随着降水时间出现地下水水位上升的现象, 对降水量小于 10mm 的低强度降水事件无明显水位上升现象。因此, 强降水或持续性降水是本区地下水的主要补给来源。另一方面, 地下水动态变化不仅受到降水等补给项影响, 同时受到蒸发蒸腾等排泄项以及包气带水分分布、气候条件等实时因素的综合影响。因此, 在无降水时期, 地下水动态多表现为持续下降或波动下降, 具体下降规律受地表气候特征控制。

总体而言, 地下水动态对于单次降水强度大于 10mm 的降水事件具有明显的正响应, 说明能补给到地下水的降水强度应小于 10mm。

3 包气带截留阈值模型及求解

鄂尔多斯北部盆地地下垫面主要以风积沙为主, 降水事件中几乎不会产生地表径流, 即所有的降水均转化为入渗水量, 部分入渗水量被包气带所截留, 剩余部分则继续下渗补给地下水, 构成了地下水的面状补给。被包气带截留的水量在降水结束后消耗于地表蒸发和植被蒸腾。若假设本区包气带截留水量为一确定值, S_I , 则地下水补给量, R , 可表达为:

$$\begin{cases} R = 0, & P \leq S_I \\ R = P - S_I & P > S_I \end{cases} \quad (1)$$

其中 P 为次降水量, 各项单位均为 mm。

由于面状补给是本区地下水的唯一补给来源, 若

收稿日期: 2015-02-02; 改回日期: 2015-02-28; 责任编辑: 费红彩。

作者简介: 马洪云, 男, 1980 年生, 博士, 专业为水文地质, 研究方向为同位素地球化学。Email: mhy19809730@126.com。

假设地下水总是混合均匀的, 则地下水的同位素丰度可表示为面状补给的同位素丰度的加权平均值,

即:

$$\delta_G = \sum R^i \cdot \delta^i / \sum R^i \quad (2)$$

其中, δ_G , δ^i 分别表示地下水同位素丰度和第 i 次面状补给的同位素丰度 ‰。

收集本区所有浅层地下水氘同位素丰度数据, 共 56 个, 求其均值为观测地下水氘同位素丰度均值, 为 -70.11‰ , 以此来代表本区浅层地下水同位素丰度值。收集研究区多年次降水量及相应的降水同位素氘丰度, 并带入 (1) 和 (2) 式, 求得本区 S_f 为 6.2mm。

参 考 文 献 / References

侯光才, 张茂省, 等. 2008. 鄂尔多斯盆地地下水勘察研究. 地质出版社, 154~187.

4 结 论

鄂尔多斯盆地北部的降水事件表现出明显的氢氧稳定同位素雨量效应, 这一效应导致降水的同位素特征与地下水同位素特征表现出部分差异。本文通过建立包气带截留阈值模型, 成功应用这一同位素效应确定了鄂尔多斯盆地降水补给地下水的最低单次降水强度为 6.2mm。为进一步确定区域地下水资源量提供关键参数, 同时为同位素示踪方法的应用开辟了新的途径。

Yin Lihe, Hong Guangcai, Huang Jinting. 2011. Groundwater recharge estimation in the Ordos Plateau, China: comparison of methods. Hydrogeology Journal, DOI 10.1007/s10040-011-0777-3.