

鲁西地震水文地球化学背景场的观测与研究

王树鼎 王华

(山东聊城地震水化站)

肖文成

(聊城地震办公室)

摘 要

本文对鲁西地区地震水文地球化学背景场进行了初步研究,认为区域水文地质条件、围岩组分、构造条件和构造活动性是影响水气组分的主要因素。位于活动构造带上的井、泉中的水化学组分变化对地震反映敏感。各井、泉映震的敏感因子不尽相同。

关键词: 地球化学背景场 水气组分 地震异常 水化学类型

引 言

自1985年9月起,聊城地震水化试验站对鲁西近3万平方公里的德州—聊城—菏泽地区(东经 115° — 117° ,北纬 35° — 37.5°)进行了定期地震水化流动监测。观测中共选取23口井,这些井孔的地震地质背景较好,井点布局合理,井口大部分密封。观测项目有溶解气体、水氛、离子、酸度、电导率共5项。所有观测均按国家地震局颁发的规范进行。本文介绍了主要观测结果。

一、研究区地震地质特征与水文地质条件

该区属于华北地台中南部的一部分,位于辽冀台向斜和鲁西台背斜的结合部位。区内断裂活动剧烈,块断构造发育,地震比较活跃(图1)。

该区地壳基底泰山群浅部风化裂隙和构造裂隙较发育。其顶部有10余米厚的蚀变带,具有一定渗透性。深部岩石坚硬、致密,富水性弱。寒武系厚600余米。其上部灰岩、白云岩裂隙溶洞较发育,空隙度可达10—20%,为裂隙溶洞含水层。奥陶系厚约800米。上部有一层厚约100米的结晶次生灰岩,其内分布有网格状、蜂窝状构造,溶洞、晶洞、裂隙十分发育,空隙度一般达20—50%,水动力作用强。中部为弱溶蚀带,空隙度为5—10%。深部水交替条件差,渐变为隔水层。顶部古风化壳充填好,为隔水顶板。由于岩溶裂隙发育具有不均匀性和各向异性,故富水性复杂且不均匀。水位埋深一般1—10米,运动滞缓,局部地区自流,有理想通道时自喷。

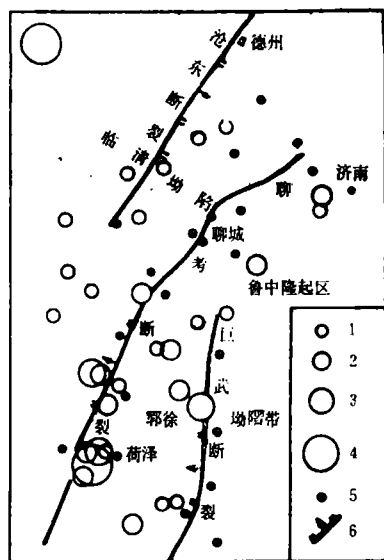


图1 研究区构造、历史地震及取样点分布图
1. $M_s \geq 7.0$ 2. $M_s = 6.0-6.9$ 3. $M_s = 5.0-5.9$
4. $M_s = 4.0-4.9$ 5. 取样点 6. 断层

Fig. 1 Distribution of the structure, historic earthquakes and points taken the samples in the studied region

新生界松散岩类含水层广布全区,厚度大,层位全,具有水平和垂直分带规律。其水平分带规律表现为,由山前到平原或滨海,由洪积层到冲积层以至海陆交互相到海相沉积,含水层由粗到细,层次由少到多,富水性由弱到强,水化学类型由简单到复杂,矿化度由低到高。垂向上可分为潜水即浅层微承压水含水层、中深层承压水含水层和深层承压水含水层。在结构上有一层结构(全淡)、二层结构(上中咸一下淡)和三层结构(上淡一中咸一下淡),以三层结构分布广。含水层多呈北东—南西向条带状分布,水位埋深数米不等,局部自流。其水平补给源为东部泰沂山区和西部太行山区地下水,垂向补给为大气降水(该区年降水量达180亿立方米)、灌溉水回归及地表水的渗入。排泄方式以蒸发为主,次为人工开采。其水平运动速度较基岩水运动速度为高。

二、观测结果的分析

新生界松散岩类含水层的水化学类型决定于围岩组分。

潜水和浅层微承压水的水质类型以重碳酸型、重碳酸氯化物型和重碳酸硫酸盐型为主。水中阳离子以钠为主。受水文地质条件的控制,从淡水丰富区过渡到贫乏区,水型逐步过渡,多呈条带状分布,且与矿化度的分布一致。重碳酸型水矿化度一般小于1克/升,其余类型多为1—1.5克/升,少量咸水的矿化度为3克/升左右。水的硬度一般为33—48德国度。其中气体含量一般为每升水26—41毫升。位于聊考深断裂带上的博平井含气量最高。其气体组分中氮含量较低,一般占43—65%;二氧化碳含量较高,达20—50%;氧含量变化较大,从1.79%到26.3%,平均为6.6%;甲烷含量较深部水为高;氦含量较低;氢、氟含量亦较低,分别为6—20贝可/升、0.5毫克/升。水的PH值多为7.3—7.8,电导率为1.2—2.0ms/cm,水温一般为15—18.5℃。

新生界中深层承压水水质类型以氯化物硫酸盐型为主。其中阳离子以钠、镁为主。咸水居多。矿化度一般为2—5克/升,个别高达17克/升。PH值一般为7.8—8.2。局部淡水为硫酸盐氯化物重碳酸钠镁型水,其矿化度为1.6—2克/升,PH值为7.7—7.9。水温为17—21℃。

新生界深层承压水的水化学类型较复杂,有重碳酸型、重碳酸氯化物型、硫酸盐氯化物型、氯化物硫酸盐型以及其它多种类型。其中阳离子以钠为主。矿化度一般为0.8—2克/升。PH值变化大,一般为7.3—8.5。水的硬度较小,半数井点在10德国度以下,而个别咸水井硬度达69德国度。每升水气体总量在25—43毫升左右。气体组分中氮含量较高,占53—85%

左右,平均占71.9%;二氧化碳相对较低,占19%;氧含量为2—11%;氮、氟含量较高,分别达13贝可/升、4毫克/升;氦含量较浅层为高;甲烷含量较浅层低。水的电导率为0.9—4.9ms/cm,各地变化较大。水温一般为20—25℃。

深层基岩岩溶裂隙承压水由补给区到排泄区矿化度逐步增高,由0.3克/升增至5.3克/升,水化学类型由重碳酸型逐渐过渡到氯化物硫酸盐型,水中常量离子浓度随深度而变化。浅部 HCO_3^- 、 Na^+ 离子浓度高,而深部 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Cr^{+2} 和 Mg^{+2} 离子浓度高。微量元素B、Sr、F也随深度增大而升高。水中溶解气体以氮为主,约占70%;次为二氧化碳占20%;再次为氧气,占1%;氦含量高达1%,为空气中含量的2000倍。表明其深部为还原环境。

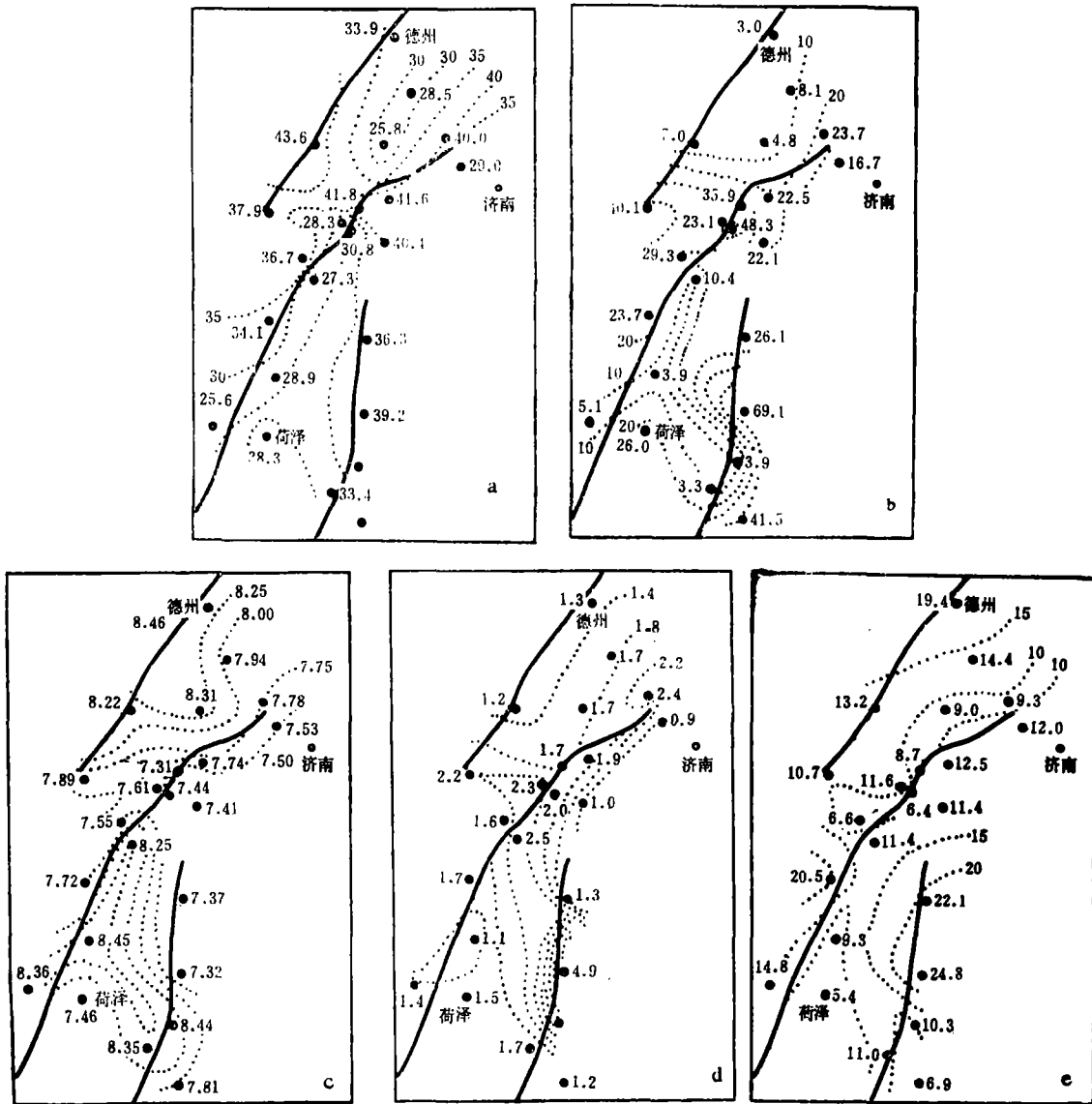


图2 地下水中几种观测项目和气体含量等值线图

a. 气体含量(单位:毫升) b. 硬度(单位:德国度) c. PH值 d. 电导率 e. 氮含量(贝可/升)

Fig. 2 The equal-value curves of some observed items and gas content in groundwater of studied area

图2为研究区地下水中几种观测项目及气体含量等值线图。由图2可以看出,该区北部和中南部测值变化较小,等值线疏;而中部和东南部变化较大,等值线密;且各测值线的方向和形态大体一致,基本沿断裂方向延伸,只在局部地区有横切断裂的现象。气体总量在该区北部和中南部较小,每升水一般含气体25—40毫升;中北部较大,高于40毫升。气体总量的高低与氮、氧等主要组分的含量是一致的。微量组分氦是地壳深部的元素,它沿聊考断裂带富集,而沧东断裂和巨武断裂附近的井点中,氦含量较低,说明断裂活动性对深部物质的影响。特别是聊考断裂带上的阳谷造纸厂井点含氦量达0.36%,是同类井点平均含氦量的9倍。放射性气体氡的含量平均为13贝可/升,而在巨武断裂北段富集,达22—24贝可/升,聊考带处于一般水平。甲烷是还原环境的标志,见于第四系浅井中,而第三系深井中仅见痕量。

研究区北部和中南部地下水的硬度小,一般小于10德国度;而东部和中部硬度大,有的高达40—49德国度。钙的浓度在北部和中南部一般小于2毫克当量/升,而东部和中部则达6—9毫克当量/升。镁离子在北部和中南部也小于2毫克当量/升,而东部和中部则达8—16毫克当量/升。阴离子目前仅作了氯的观测,北部和中南部氯离子含量一般小于3毫克当量/升,而东部和中部则达10—20毫克当量/升。水的PH值一般在7.3—8.5之间,偏碱性,北部和中南部一般在8以上,而中部和东部一般小于8。电导率在巨野、禹城、聊城一带较高,超过2 ms/cm,其它地方一般小于2 ms/cm。

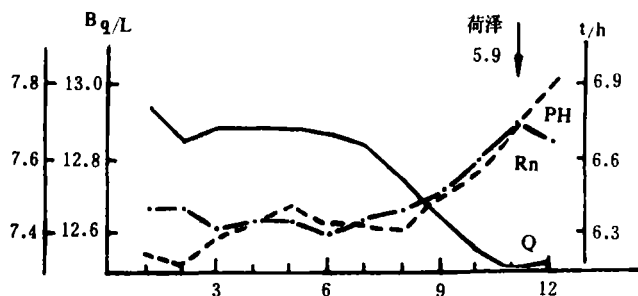


图3 1983年菏泽5.9级地震时水氡、PH值、流量变化图
Fig. 8 The changes of water radon, PH value and value of flow during the Heze earthquake ($M_s=5.9$) of 1983

上述差别可以认为是井点所处构造部位不同而引起的。造成水气组分差别的其它原因还有:区域水文地质条件,围岩的诸元素含量与性质,水中元素的溶解作用、扩散作用和迁移能力,运移通道及动力以及外来水气的混入。

另外,各观测项目受气压、气温和大气降水的影响而变化,尤其是气体含量年变规律明显。

三、地震前地下水、气变化的异常显示

地震前由地壳内应力、应变引起的地下水、气物理化学异常是客观存在的,而变化量则是相对的。位于活动构造带上的井、泉的水、气含量易于打破背景值出现异常而对应力、应变有较灵敏的反映。如位于聊考断裂带上的阳谷井点在1986年6月9日当地 $M_L 1.7$ 级小震前,氦值比其它9次观测平均值高87%,钙离子测值比9次观测平均值高27%。一般认为愈接近活动构造带异常幅度愈大、出现愈早、持续时间愈长。

一般说来,地震前后水中的氦等地下深部特征组分含量将会增加。而其它组分的异常则不一定是正异常。

但并不是所有的水气组分和物理化学性质对附近的地震都敏感。如聊古一口热水井自1979年观测以来对距该井150公里以内发生的三次 $M_s > 5.0$ 级的地震和附近的几次小震均有反映,对于该井北部、西部、南部的地震,水氦、气体、PH值震前有较明显的增大,流量有长趋势的下降(图3),而离子和电导率并不敏感。又如1983年菏泽 $M_s 5.9$ 级地震时震区新生界浅层地下水中气体各组分中二氧化碳对地震反映较灵敏,且与水井所在构造部位关系密切,相对高值区大体与极震区等震线一致,且随井深的增加而含量减少。此外这些井震后多数出现水变浑、自喷、水位上升等宏观现象。

由于来自各个方向上的地震的震级、震中距、震源深度、发震构造的具体差异以及多个地震的相互干扰,使所测项目反映的方式、方向与幅度有所不同,异常的形态是多种多样的,而随机因素使异常形态更复杂化了,更不必说人为因素对异常形态的影响了。临清电厂井点的氯离子对于北北东方向上的唐山、宝坻、宁河诸地震和东面的威海地震便有震前上升和下降截然相反的反映,且幅度和形态也有区别就说明了它的复杂性。

四、几点体会

根据我们的观测实践,对地震反映灵敏的井、泉必须具备下列条件:

- (1) 观测井、泉必须选取在活动构造带上的灵敏部位。
- (2) 观测井泉的流量或水位、水压必须长期稳定,干扰少,有良好的封闭条件,取水设施完善。
- (3) 观测项目必须选取该井泉对地震反映灵敏的水气组分或物理化学性质。
- (4) 在背景值的基础上确定异常除考虑构造环境、水文地球化学条件、应力应变条件外,还必须考虑气候条件、人工开采及随机因素的影响。
- (5) 在地震平静期必须积累长期连续可靠的背景资料才易于识别前兆异常。
- (6) 前兆信息的捕捉还取决于仪器的精密度、工作室的条件、井泉点的密度、取样时间的间隔、观测员的技术和科学态度等。

(本文1990年2月10日收到)

参 考 文 献

- [1] 李学礼, 水文地球化学, 原子能出版社, 1982.
- [2] 阎立球等, 菏泽5.9级地震后震中二氧化碳的观测结果, 地震, No. 4, 1984.
- [3] 张炜等, 水文地球化学预报地震的原理与方法, 科学教育出版社, 1988.

OBSERVATION AND STUDY OF THE BACKGROUND FIELD OF SEISMIC HYDROGEOCHEMISTRY IN WEST SHANDONG PROVINCE

Wang Shuding, Wang Hua

(Seismic Hydrochemistry Station of Liaocheng City, Shandong, China)

Xiao Wencheng

(Seismological Office of Liaocheng City, Shandong, China)

Abstract

In this study, the background values of seismic hydrogeochemistry in west Shandong Province are obtained. The regional hydrogeological condition, wall-rock components, structural condition and tectonic activity are major factors influencing components of water and gases. The variations of hydrochemistry components in wells and springs which are located in the active structural zones are sensitive to earthquakes, but sensitive factor reflecting earthquake for each well and spring is different.