

文章编号:1004-4116(2021)04-0075-05

活性炭测氡法在张掖—民乐盆地隐伏断层 测量中实验条件研究

丁保艳¹,梁雨东¹,童品贤¹,李永恒¹,任康辉²,胡沛青²

(1. 甘肃省地矿局第三地勘院,甘肃 兰州 730050;2. 兰州大学,甘肃 兰州 730000)

摘要:河西走廊蕴藏有丰富的地热水资源,以往的地质调查成果显示地热水的形成和演化与地质构造具有密切关系。活性炭测氡法在探测隐伏构造方面具有独特优势。活性炭对氡的吸附性能受到多种因素影响,在野外数据采集前需进行勘察区工作条件的测试实验。本文选择位于河西走廊中部的张掖—民乐盆地进行活性炭测氡法实验条件研究。通过实验,确定该区实验条件为:吸附剂埋深40 cm,埋藏5天;数据处理时针对农田和河滩两种地表介质要进行分区统计;该区氡异常阈值下限为均值加3~4倍方差。实验结果显示活性炭测氡法是探测该区域隐伏断裂的存在、断裂位置、走向和倾向的一种很好的手段。

关键词:活性炭测氡法;隐伏断层;地热勘查;张掖—民乐盆地

中图分类号:TE 132

文献标志码:A

氡是一种灵敏的地下信息示踪剂,不同的岩石类型、构造分布、地热梯度等都会改变氡的分布特征^[1]。测氡作为一种有效的物探手段,广泛的应用在寻找地质构造破碎带、隐伏断层、煤矿火区、采空区等领域^[2-3]。大量的勘探研究证实,地热资源的形成及赋存和深部隐伏断层具有密切联系,而查明深部隐伏地质构造分布位置,是寻找地热资源的前提。活性炭测氡法是累积测氡法的一种重要方法,其测量结果较其他物探方法更为准确、高效、便利^[4]。活性炭对氡的吸附性受到吸附时间、温度、地表介质等多种因素影响^[5],因此在野外数据采集前,需进行该区工作条件的测试实验,即吸附剂埋藏深度、埋藏时间、明确不同介质对氡吸附的影响以及确定该区异常阈值下限。

甘肃省河西走廊断裂、褶皱发育,具有丰富的地热水资源。截止2021年,地勘单位已在张掖—民乐盆地成功实施了多眼深层地热水探采井,其中ZK1地热井位于民乐县民乐生态工业园,井口水温77℃,最大出水量2 592.72 m³/d。盆地内第四系覆盖层厚,大大小小的断层在覆盖层之下很难被发现,对隐伏构造的精细研究为寻找地下水起到至关重要

的作用。为探明该区隐伏断层分布特征,进行活性炭测氡法的实验条件测试研究,以期在相同地质条件下的测量条件选择提供基础资料。

1 研究区地质背景

张掖—民乐盆地位于河西走廊中部,是一个以前震旦纪及古生代褶皱为基底的中新生代断陷拉分盆地,期间沉积了数千米厚的内陆河湖相碎屑岩类(N+E+K)、松散岩类(Q)地层,具备热储形成的地层和地质构造。南临祁连山,北靠龙首山,东部为永固—大黄山隆起,西部以榆木山隆起为界。区内周边山地及基底地质构造复杂,断裂众多,主要为白垩纪形成的南北向断裂、燕山末期形成的NWW向断裂及侏罗纪末形成的近EW向断裂。具有断裂埋藏深、地表难以发现、多期次活动的特点^[6](图1)。

2 测氡原理

氡气测试以²²²Rn为示踪元素。²²²Rn广泛分布于岩石、土壤、大气和水中,既易溶于水又可吸附于

收稿日期:2021-07-05

基金项目:甘肃省地质勘查基金项目资助

作者简介:丁保艳(1984~),男,湖北麻城,高级工程师,主要从事水文地质及环境地质学研究。E-mail:37804426@qq.com

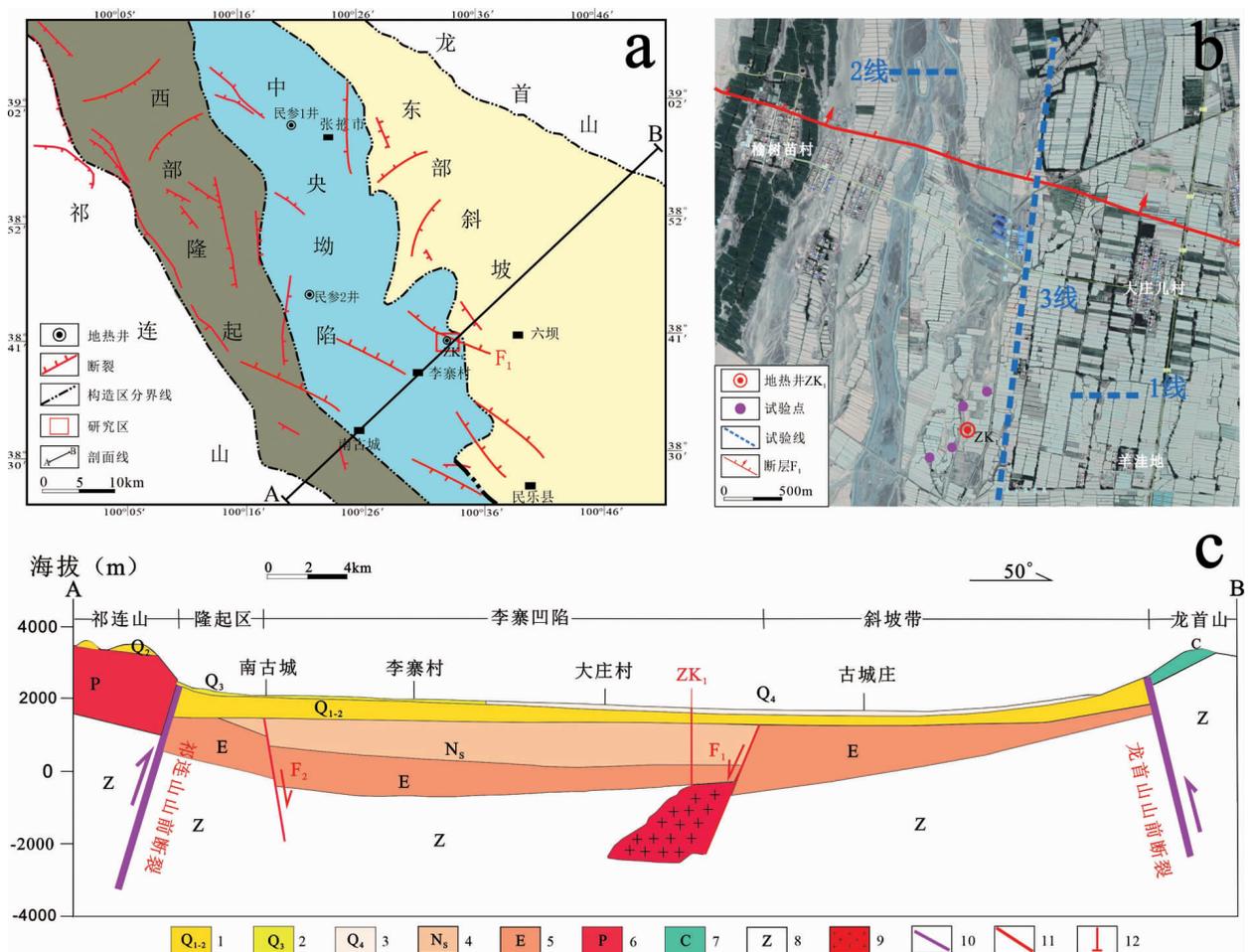


图1 张掖—民乐盆地区域构造(a)、工程布置(b)及剖面图(c)

Fig. 1 Regional structure (a), engineering layout (b) and sectional view (c) of Zhangye-Minle Basin

1—中下更新统;2—上更新统;3—全新统;4—新近系舒勒河组;5—古近系白杨河组间泉子段;6—二叠系;

7—石炭系;8—震旦系;9—花岗岩;10—实测断层;11—隐伏断层;12—钻孔ZK1

固体表面。自然界的 ^{222}Rn 主要源于 ^{238}U 的衰变,衰变产生的 ^{222}Rn 一部分被束缚在岩石中,一部分逸散到上覆岩土的空隙及大气中,成为自由气体,即射气作用。

U 、 Ra 、 Rn 富集在断层破碎带中,形成氡源,该氡源放出 Rn 气不断向上迁移,岩石或地层中存在断裂破碎带时,氡气沿着这些通道集中运移和扩散,从而其上覆层空隙气体中氡含量出现异常,断层面上分布最高,由此推断隐伏断裂的分布及特征^[7-9]。

3 工作实施

实验采用TYHC-1活性炭测氡仪。活性炭的吸附器包括吸附剂、干燥剂和活性炭容器,其中活性炭作为吸附剂,变色硅胶作为干燥剂,圆形塑料瓶为吸附容器。

埋深试验采用定点测量方式;异常阈值确定、介质影响试验采用线试验方式。本次工作共完成深度试验点一组,地表介质差异试验线2条(试验线1,2),已知断层试验线1条(试验线3),具体布置见图1b。

3.1 埋深试验

为减少表层介质对吸附器收集氡射气的影响,需要确定吸附器的合理埋深。本次试验点选择在ZK1钻孔附近,共设置4个深度,分别为20 cm、30 cm、40 cm、50 cm,12个数据采集点,埋置5天,测试结果见表1。

测试结果显示不同深度测得的氡值变异系数不同,分布范围为0.038~0.047,其中40 cm变异系数最小,选择40 cm作为该区勘查吸附器的合理埋深,此后试验及生产点均以此深度作为技术要求展

表 1 不同埋深的氡值

Table 1 Radon values at different buried depths

埋深/cm	点号	氡值/cpm	平均值/cpm	变异系数
20	1	550	554	0.047
	2	531		
	3	582		
30	4	520	549	0.047
	5	568		
	6	560		
40	7	555	532	0.038
	8	526		
	9	516		
50	10	532	507	0.042
	11	499		
	12	492		

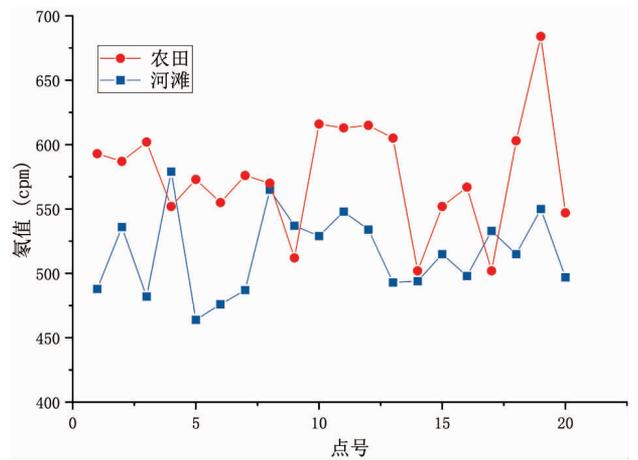


图 2 不同介质实验氡值对比图

Fig. 2 Comparison diagram of radon values in different media

开工作。

3.2 不同地表介质实验

研究区地表介质主要有农田和河滩两类。河滩地表为砂砾石,位于研究区西部;农田位于研究区东部,地表为土壤层。为消除地表介质差异造成测量氡值差别,保证观测数据的一致性,在上述两类介质上布置两条试验线。两试验线在同一时段埋置。经校正后,两试验线氡值如图 2 所示。

图 2 显示,农田和河滩中具有明显不同的氡值,农田中氡均值为 572.17 cpm,河滩中氡均值为 510.52 cpm,农田中氡的测量值明显高于河滩中的测量值。两条测线埋取及测量时间一致,其差异可排除气象因素影响。不同介质具有不同的放射性物质含量及孔隙度,农田中土壤覆盖层颗粒越小,铀、镭等放射性元素含量越高,同时对气体的封闭性和吸附性较强,可供氡气逸出的通道少,因此其中氡浓度值相对高;砂砾质粗粒沉积物对气体的封闭性和吸附性较弱,则测得的氡浓度值相对较低。由此,该研究区不同的表层介质对氡的测量结果具有重要影响,农田和河滩采集的数据需要进行分区统计。

元素具有一定的随机性与变量性,由于受地下放射性元素含量与裂缝发育的影响,氡元素发生不同尺度的迁移与富集,其值表现出分形差异。因此要确定断层的范围,氡值异常下限的确定尤为重要^[10]。据以往地质资料,研究区内有一 NW—SE 向隐伏断裂破碎带(F1)。垂直于该断裂构造布置试验测线,共 181 个测点,氡值测量结果如图 3。

用以下公式求取氡异常阈值下限:

背景值计算公式:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

式中: $\sum_{i=1}^n X_i$ —各测点测得值总和; n —参加统计的测点数

背景值的标准差为:

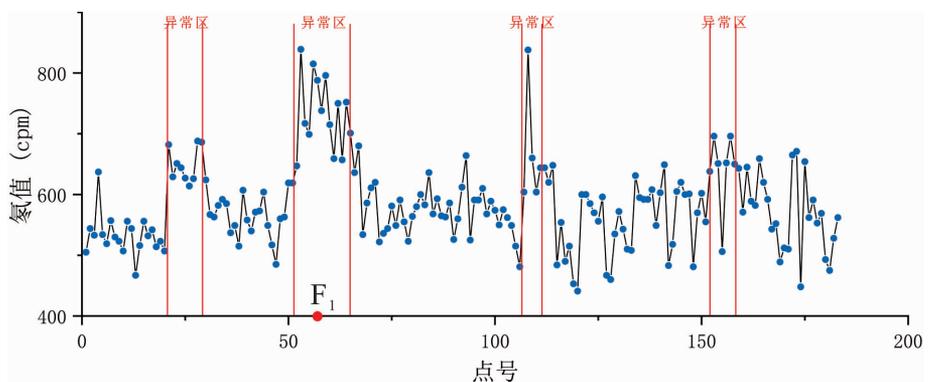


图 3 试验线氡值剖面图

Fig. 3 Radon concentration profile with test line

3.3 异常阈值下限确定

氡作为一种地球化学

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

计算结果显示,试验线氡背景值为 586.42 cpm, 方差为 22。依计算结果, 氡异常阈值下限取 $\bar{X} + S = 602.89$ cpm, $\bar{X} + 2S = 631.89$ cpm, $\bar{X} + 3S = 653.89$ cpm, $\bar{X} + 4S = 675.89$ cpm。

从试验线氡值剖面图可以看出存在相对独立的四个异常区, 其中从 51 点到 66 点之间的氡值异常最为明显, 为该测线的最大单峰异常。51 ~ 66 号点氡值在 650 ~ 800 cpm 上下波动, 数据波动较大, 因此可以将本次测量异常阈值按照均值加 3 ~ 4 倍方差作为异常下限。

4 讨论及结论

氡异常的形成与断层规模、断层的倾向和倾角、破碎带的宽度、充填物的胶结程度、覆盖层厚度等因素有关, 同时与外界气象因素、地表介质及植被等都有关系, 所以形成的异常曲线形态变化较大, 总体来讲一般具有如下 3 种常见形态^[11]。

(1) 对称单峰异常: 仅有一个单独的异常峰值, 这类异常多为倾角较大近乎直立的规模较小断层所致, 埋深较浅; 也可能断层规模较小, 埋深较大, 但是覆盖层孔隙度较大, 有利于断层气体运移, 形成较明显的单峰异常。

(2) 不对称单峰异常: 这类异常一种为规模较大的断裂(层)引起, 埋深较大, 产状较陡; 另一种可能埋深不大, 但覆盖物孔隙度较小, 不利于断层气的运移, 形成峰值较小的宽单峰异常, 在断层倾向的方向一侧比另一侧升降缓慢。

(3) 多峰异常: 这类异常多为倾斜的大断裂带所致, 在主断层的上盘发育次级断裂或浅表的次级小裂隙。主峰为主断层对应的位置, 次级峰的方向为断层的倾斜方向。

从前期 CSAMT 物探资料可知, 大致位于此测线的 60 至 70 号点之间存在一断裂构造(图 1), 与本试验线的 51 至 66 号点位置氡异常区基本吻合。

从该异常的形态可以看出, 小号点一侧氡值变化快, 曲线较陡, 大号点一侧氡值变化较慢, 曲线相对较缓, 由此初步判断该处断裂总体向南倾斜。从剖面线可以看出还有另外 3 个氡异常区, 峰值相对较小。多个氡异常区表明该剖面线地下应存在多条断裂, 是一个断层破裂带。

本文通过活性炭测氡法在张掖—民乐盆地隐伏断层测量中实验条件研究, 得出以下结论:

(1) 活性炭测氡法在张掖—民乐盆地隐伏断层测量实验条件取得了较好的结果。

(2) 选择 40 cm 作为本次勘察吸附器的合理埋深, 埋藏 5 天; 地表为土壤层的农田和地表为砂砾石的河滩采用分区统计分析; 选取均值加 2 ~ 3 倍方差作为异常阈值下限。

(3) 活性炭测氡法在判断隐伏断层深度和规模上存在一定的局限性, 需要结合其他物探方法互相验证。

参 考 文 献

- [1] 李强, 肖友发, 徐璇, 等. 氡气测量在嘉鱼县地热资源勘查中的应用[J]. 资源环境与工程, 2019, 33(4): 98-103
- [2] 刘明博, 陈铁平. 黔东南洛香地区地热资源勘查——以洛香测地热井为例[J]. 城市地质, 2020, 15(1): 16-21
- [3] 杨建军, 申燕, 刘鸿福. 测氡法和瞬变电磁法在探测煤矿采空区的应用[J]. 物探与化探, 2008, 32(6): 661-664
- [4] 马文彦, 周春林, 陈桂英, 等. 活性炭对氡吸附行为的研究[J]. 核电子学与探测技术, 2002(1): 84-87
- [5] 张新军, 刘鸿福. 野外活性炭测氡法实验研究[J]. 太原理工大学学报, 2004, 35(3): 304-306
- [6] 王多杰, 徐小卫. 民乐盆地的新构造与地震[J]. 甘肃地质, 1991(1): 24-35
- [7] 李伟, 刘鸿福, 张新军, 等. 低射气介质地区浅部土壤氡气迁移规律研究[J]. 原子能科学技术, 2013, 47(2): 312-316
- [8] 伍剑波, 张慧, 苏鹤军. 断层气氡在不同类型覆盖层中迁移规律的数值模拟[J]. 地震学报, 2014, 36(1): 118-128
- [9] Cohen BL, Cohen ES. Theory and Practice of Radon Monitoring With Charcoal Adsorption[J]. Health Physics, 1983, 45(2): 501-508
- [10] 刘波, 张新军, 王兴. 测氡法在低射气区隐伏断层探测的应用[J]. 煤矿安全, 2015, 46(5): 156-159
- [11] 余传涛, 刘鸿福, 张新军. 测氡法用于隐伏断层探测的实验研究[J]. 勘探地球物理进展, 2010, 33(5): 332-335

EXPERIMENTAL STUDY ON RADON MEASUREMENT WITH ACTIVATED CARBON IN CONCEALED FAULTS OF ZHANGYE—MINLE BASIN

DING Bao-yan¹, LIANG Yu-dong¹, TONG Pin-xian¹, LI Yong-heng¹, REN Kang-hui², HU Pei-qing²

(1. *The Third Institute of Geology and Minerals Exploration, Gansu Provincial Bureau of Geology and Minerals*

Exploration and Development, Lanzhou 730050, China;

2. Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Hexi Corridor is rich in geothermal water resources. Previous geological survey results show that the formation and evolution of geothermal water is closely related to geological structures. Combined with local geological conditions, the application of activated carbon radon measurement method to detect concealed structures has unique advantages. The adsorption performance of activated carbon to radon is affected by many factors, so it is necessary to test the working conditions in this area before field data collection. In this paper, the Zhangye—Minle Basin located in the middle of Hexi Corridor was selected to study the experimental conditions of activated carbon radon measurement. The experimental conditions are determined as follows: the depth of the adsorbent is 40 cm, and it is buried for 5 days; Different surface media should be treated separately in data processing and the lower limit of the abnormal threshold is determined to be the mean value plus 3–4 times variance. The experimental results show that the method of measuring radon with activated carbon is a good means to detect the existence, location, trend and tendency of the hidden faults in this area.

Key words: active carbon method for radon measurement; hidden faults; geothermal exploration; Zhangye—Minle Basin