

活性炭测氡法的数据处理与应用

刘敦旺¹, 刘鸿福¹, 梁永东²

(1. 太原理工大学 矿业工程学院, 山西 太原 030024; 2. 核工业 230 研究所, 湖南 长沙 410011)

摘要:从氡气测量的国内外发展和氡气测量基础理论出发,阐述了活性炭测氡的方法,分析了影响活性炭测氡的各种因素,在此基础上,讨论了古交南岩村地下采空区的活性炭测氡数据的处理可行性,并通过实地测量资料的分析,证明了采用活性炭测氡法探测地下采空区是可行的。

关键词:活性炭;氡气测量;采空区;吸附器

中图分类号: P631.6

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2009)02-0151-03

山西省是煤炭大省,煤炭资源的大规模开发和利用,在给山西带来巨大经济效益的同时,也对周围环境造成了严重的破坏,严重制约了当地经济的发展,尤其是煤矿开采在地下形成的大面积采空区,造成了地面沉陷、房屋裂缝、倒塌等,直接影响了当地居民的日常生活,成为了建设和谐社会的一大难题,所以,采空区探测显得越来越重要。

活性炭测氡法是氡气测量方法中一种静态、累积测氡方法,具有灵敏度高、精度高、抗干扰强、探测深度大等优点。该方法除了用于铀矿勘探外,还可以用于解决非铀矿具有微弱氡异常的地质问题,如寻找地质构造破碎带、地下基岩水、煤矿采空区、隐伏断层和火区等。

在古交市南岩村,历时近2个月,完成了地面氡气、瞬变电磁工作。具体的工作是:在古交南岩地区进行活性炭探测采空区的实验;对所得数据进行分析,得出南岩村的地面建筑物受损与煤矿的不合理开采有关;对现阶段在活性炭测氡法的数据处理过程中存在的问题提出建议,为以后的工作做好铺垫。

1 工作原理

1.1 氡的基本性质

氡是一种无色、无味、无嗅的放射性惰性气体,一般不参加化学反应,密度为 $9.727 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$,其沸点为 -65°C ,熔点为 -71°C 。氡为非极性单原子分子,具有很强的扩散能力,能被固体物质所吸附。所有固体物质吸附氡的程度不同,尤以活性炭、煤、橡胶、蜡最为突出。 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 、 ^{219}Rn 是氡的放射性同位素,分别为铀系、钍系、锕系的气态核

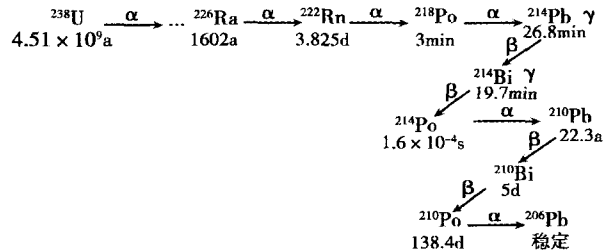


图1 ^{238}U 系自 ^{222}Rn 以后子体衰变示意

素。氡的衰变过程如图1所示。

在自然界中,氡及其子体凭借着自身机制,有着很强的向上运移能力。由于氡的母体及其子体的地球化学特性不同,在自然界不同的地质体中的分布也各有差异,并有一定的规律^[1]。利用这一特性,可分析地质体的分布情况^[2]。

1.2 活性炭测氡法的基本原理

活性炭测氡法是一种静态、累积测氡方法,其原理是将活性炭吸附器埋于地下一段时间,取出吸附器,并将吸附器放入仪器(活性炭测氡仪),测量其氡的衰变子体放射出 γ 射线的强度,从而了解氡气浓度的高低。

氡是镭衰变的中间产物,其子体 ^{214}Pb 、 ^{210}Bi 是 γ 射线的辐射体。活性炭测氡仪是通过探测土壤中氡子体的 γ 射线的强弱,来了解氡的存在情况。当 γ 射线射入探测器中的 NaI(Tl) 闪烁体,使其产生光电信号,通过光电倍增管变成微弱电信号,经前置放大器,主放大器和脉冲整形电路,形成单片计算机可接受的脉冲。单位时间内脉冲数目的多少反映了 γ 射线的强弱,通过测量不同地点 γ 射线得到氡异常数据,为分析工区地下地质情况奠定了基础^[3]。

1.3 活性炭测氡仪

放射性勘探仪是进行放射性测量不可缺少的设备,种类很多,本次工作使用的是由太原理工大学自行研制的 TYHC-1 活性炭测氡仪。

TYHC-1 活性炭测氡仪由 NaI(Tl) 闪烁计数器、前置放大器、线性脉冲放大器、甄别器、脉冲计数器

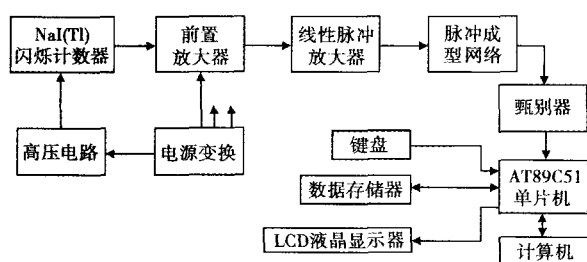


图2 仪器硬件电路框图

当收集了氡子体的活性炭瓶被放入 NaI(Tl) 闪烁体后,活性炭瓶中氡及其子体辐射出的 γ 射线使闪烁体内的空气电离,在高压电场的作用下转换为电脉冲信号。该脉冲信号经前置放大器和线性脉冲放大器放大后由甄别器剔除噪声,再通过脉冲计数器(AT89C51 单片机)将其记录下来输入计算机进行存储^[4]。

吸附器的埋深对氡的浓度影响较大,图3是在覆盖层分别为土壤和砂砾层地区的试验结果,土壤覆盖层的最佳埋深为 40 cm 左右,砂砾层覆盖的最佳埋深为 100 cm 左右。

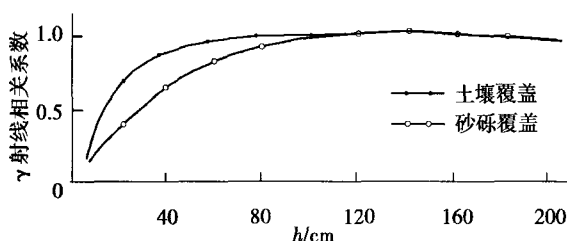


图3 活性炭吸附器埋深试验曲线

2 数据处理

活性炭测氡的工作过程中,活性炭吸附氡的量受温度、湿度、活性炭装量、测氡仪器、埋置深度和埋置时间等因素的影响^[5]。活性炭测氡数据的预处理包括 6 个方面:标准化处理、归一化处理、仪器校正、实测 γ 射线强度的修正(时间校正)、浅部因素校正和均滑处理^[6-7]。由于在同一地区,利用同一仪器进行测量并且以同样的标准处理数据时,标准化处理、归一化处理、仪器校正、浅部因素校正和均

滑处理对活性炭测氡数据的影响不大,所以在此不做讨论。笔者主要针对数据的时间校正进行讨论。

由于埋设的活性炭吸附器的数量较大,不可能把所有测点上的吸附器同时埋入测孔中,也不可能埋设一定时间后同时从测孔中取出,或取出后立即同时测量所有吸附器的 γ 射线强度,因此必须对埋设时间不同和测量时间不同的活性炭吸附器的实测 γ 射线强度值按标准条件修正或划一,这样才能将各测点的测值进行相互比较。

对活性炭吸附器的实测 γ 射线强度值(以“脉冲数/分”表示)应进行 2 项修正。第一项是氡子体的平衡修正,目的是将达不到平衡值的氡子体的 γ 射线强度修正到平衡值。之所以进行该项修正,是因为活性炭吸附器在测孔中的埋设时间一般在 5 ~ 8 d,在这段时间内氡及其子体之间还达不到完全平衡状态(要达到完全平衡需 30 余天)。第二项修正是氡子体的衰变(或衰减)修正。该项修正的目的是将各活性炭吸附器的实测 γ 射线强度值修正到“零时间”的值。所谓“零时间”是指活性炭吸附器从测孔中取出时立即密封的时间。该项修正之所以必要,是因为活性炭吸附器从测孔中取出密封后,活性炭不再吸附新的氡,原来被吸附的氡及其子体继续衰变,其 γ 射线强度随时间延续将不断降低,此外,每个吸附器由从测孔中取出密封至测量其 γ 射线强度为止都有一段时

间,因此必须把不同时间测量的每个活性炭吸附器的 γ 射线强度值都修正到零时间的值。

实测 γ 射线强度的平衡修正是根据实际记录的埋设时间来进行的,最小时间修正间隔为 2 h。该修正系数以 F_A 表示,实测 γ 射线强度的衰变修正系数按零时间至测量时的时间间隔进行修正,最小时间修正间隔为 1 h。这 2 种测量系数均可以通过查表来获得。

每个测点的活性炭吸附器的 γ 射线强度(经过修正的)按 $N_0 = N_T / (F_A \cdot F_D)$ 计算。式中, N_0 是经过平衡和衰变修正的 γ 射线强度; N_T 是减去本底(仪器本底)的净计数; F_A 是 γ 射线强度的平衡修正系数; F_D 是 γ 射线强度的衰减修正系数。

以工作区中 6 测线为例,试验共测量 3 次,以 12 h 为测氡时间间隔重复测量,结果如图 4 所示。

从图 4 中可以看出:第一次测氡数据的最大值约为 950,第二次约为 920,第三次约为 800,前 2 次(即相隔 12 h)之差约为 30,而第一次和第三次(相隔 24 h)约差 150,可见测量间隔越长,对氡值影响越大。而经过时间校正后的各测氡数据的最大值大

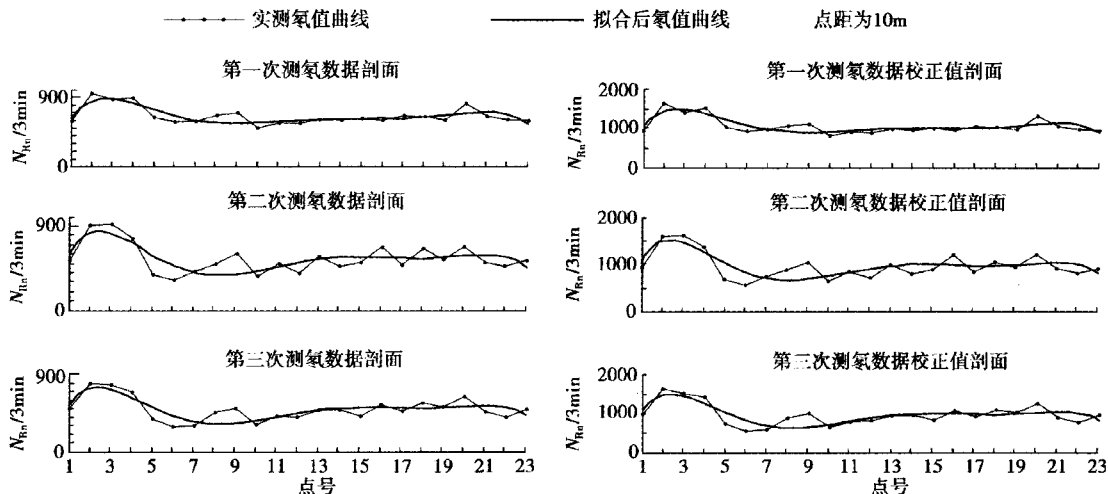


图4 6测线3次测氡数据及数据校正剖面

约为1 620,即校正后的测氡数据最大值不受时间的影响,校正前后各剖面图的形态变化不大。经过时间校正后,测氡数据基本上消除了测氡时间间隔的影响,有利于进行大面积测氡数据的分析和解释,为大面积活性炭测氡工作的进行提供了有效的前提。

3 应用实例

3.1 测区概况

工区位于山鑫矿西北部,属中低山区,沟谷发育,地形呈西北高东南低。区内地层由老到新有奥陶系中统峰峰组;石炭系中统本溪组、上统太原组;二叠系下统山西组、下石盒子组,上统上石盒子组;上新统;第四系中、上更新统。含煤地层为二叠系下统山西组和石炭系上统太原组,含煤11层。

3.2 资料解释结果

为探明地下采空区的确切位置及其影响范围,根据煤矿提供的采掘工程平面图,结合实际情况布设测线。结合瞬变电磁法和地质等资料,分析测氡结果,确定出采空区的范围。以21测线为例分析。

21试验线东西向布置,全长95 m,点距5 m,共20个测点。由活性炭测氡剖面图(图5)可知,12~20号测点氡值均较大,且波动大,分析是由地下采空区引起。由视电阻率剖面图(图6)知:12~21号点电阻率值较高,综合分析,划定12号点为采空区边界。

4 结论

(1)在经过时间校正以后,可以知道在经过时间校正后的测氡数据不受测氡时间间隔的影响,这在大面积活性炭测氡的数据处理中有重要的意义。

(2)活性炭测氡法探测煤矿采空区不受电磁、

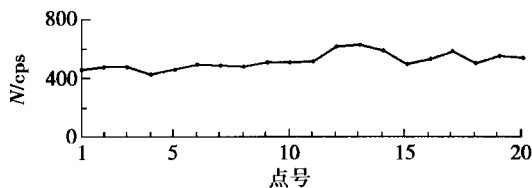


图5 21试验线活性炭测氡剖面

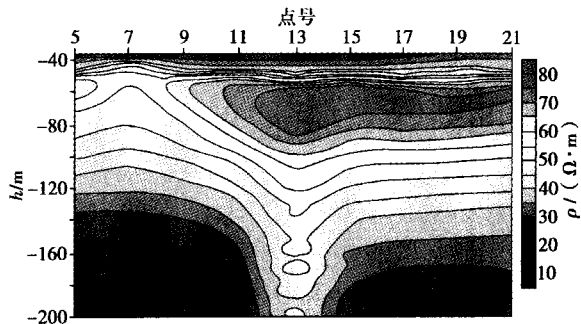


图6 21试验线瞬变电磁视电阻率剖面

噪声、地形等因素的干扰,将测氡结果与瞬变电磁法对比分析,确定出采空区、巷道的具体位置、分布范围,并进行了验证,效果显著,而且与煤矿提供的开采资料相吻合。

(3)活性炭测氡法受吸附器埋置深度和埋置时间的影响较大,有土壤覆盖时,最佳埋深约为40 cm。

参考文献:

- [1] 邱元德,童运福. 活性炭测氡法的特点[J]. 核技术,1996,9(19):554.
- [2] 方方,贾文懿. 杯法测氡原理及应用[J]. 物探和化探,1998,22(6):191.
- [3] 贾文懿,方方. 核地球物理仪器[M]. 北京:原子能出版社,1998.

参考文献:

- [1] 朱文泉. 人类环境中氡的危害及其治理[J]. 国外铀金地质, 1991, 11(3).
- [2] 氡对健康的危害[J]. 曹一平 译. 国外医学卫生学分册, 1988, (6).
- [3] FRY R M. Radon and its hazards[M]. Proceedings of the NEA Specialist Meeting. Canada, 1976.
- [4] 土壤与建筑物中的氡[J]. 吴慧山 译. 国外铀金地质, 1994, 11(4).
- [5] 陈昌礼, 刘庆成, 孙小林, 等. 青岛市氡的环境地质调查初探[J]. 物探与化探, 1997, 21(4).

THE RELATIONSHIP BETWEEN RADON GAS CONCENTRATION AND GEOLOGICAL BACKGROUND OF QUANZHOU CITY AND JINJIANG CITY

CHEN Hua-ying

(Fujian Institute of Geological Survey, Fuzhou 350011, China)

Abstract: Based on soil radon gas survey in Quanzhou City and Jinjiang City, the authors conducted an investigation of the soil radon gas environment in an area of some 465 km². The results indicate that radon gas concentrations in soils of Quanzhou and Jinjiang urban areas are at a lower level, whereas those in soils of Quanzhou and Jinjiang suburbs are at a fairly high level. It seems that the radon gas concentration is mainly related to geological background: radon gas concentrations in soils derived from weathering of adamellite, moyite, and biotite schist are higher than those in soils derived from weathering of other rock types.

Key words: soil geochemical survey; radon gas concentration; geological background

作者简介: 陈华英(1977 -), 女, 工程师, 地球化学专业硕士。

上接 153 页

- [4] 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, 3(35): 304.
- [5] 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(22): 84.
- [6] 贾文懿, 唐红, 方方, 等. 放射性勘查工作手册[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [7] 陶正章. 地球化学找矿[M]. 北京: 地质出版社, 1981.

DATA PROCESSING IN THE APPLICATION OF ACTIVE CARBON TO RADON MEASUREMENT

LIU Dun-wang¹, LIU Hong-fu¹, LIANG Yong-dong²

(1. Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China; 2. No. 230 Institute of Nuclear Industry, Changsha 410011, China)

Abstract: Beginning with the present situation of radon researches in China and abroad and the basic theory in radon measurement with active carbon, this paper has analyzed the factors affecting the application of this method. On such a basis, the data processing of this method is discussed. The method was used to detect the underground worked-out area in Nanyan Village of Gujiao, with a good result obtained.

Key words: active carbon; radon measurement; worked-out area; adsorber

作者简介: 刘敦旺(1985 -), 男, 山东菏泽人, 硕士研究生, 地球探测与信息技术专业。