

doi: 10.11720/wtyht.2017.4.12

赵宁博,付锦,刘涛,等.地形对砂岩型铀矿氡气测量的干扰作用及其修正方法[J].物探与化探,2017,41(4):667-71.http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.4.12

Zhao N B,Fu J,Liu T,et al.The terrain interference to radon measurement in sandstone-type uranium deposit and its correction method [J].Geophysical and Geochemical Exploration,2017,41(4):667-671.http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.4.12

地形对砂岩型铀矿氡气测量的干扰作用及其修正方法

赵宁博,付锦,刘涛,张东辉

(核工业北京地质研究院 遥感信息与图像分析技术国家级重点实验室,北京 100029)

摘 要: 砂岩型铀矿地面氡浓度与地形的相关性较为密切,地形改造作用破坏了氡浓度的客观形态。通过探讨地形干扰作用的起因,并结合地面氡、镭的实测数据分析,认为地表的氡异常主要是由深部纳米级的²³⁸U 和²²⁶Ra 经接力传递作用迁移至地表后衰变形成。同时为了抑制地形的干扰,采用子区中位数衬值滤波法对氡浓度数据进行处理,结果显示在保留高异常的基础上,能够增强弱异常信息,以及发现新的矿致异常,取得了较好的应用效果。

关键词: 砂岩型铀矿;氡气测量;地形;衬值滤波法

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2017)04-0667-05

0 前言

氡气测量依靠探测深度大、对铀矿化指示效果好的特点,成为砂岩型铀矿勘查领域主要的放射性测量方法之一。专家学者对砂岩型铀矿氡气异常模式进行了大量研究,不断提升该方法的找矿效果^[1-5]。近些年,笔者在伊犁盆地南缘开展的氡气测量工作中发现,地形与地面氡异常形态有非常密切的联系,对异常解释造成了很大的干扰。这种现象引发了多方面的思考,一方面为氡气深部迁移机理的推测提供了某些证据,另一方面如何将干扰作用降低是保障最终成果解释的重要因素。以伊犁盆地为例,从理论和实际两个方面对地形干扰引发的相关问题作出阐述,为完善氡气测量找矿效果提供一些借鉴。

1 地形对氡气测量的干扰现象

在伊犁盆地开展的氡气测量工作已经基本覆盖

了盆地南缘的铀成矿区带,整体上铀矿化部位和氡异常有比较好的对应关系,但也发现在局部地区氡的高异常区存在被切割的现象,异常晕发育不完整,经研究认为这种现象和地形的关系非常密切。

图 1 便是一个比较典型的例子,地理位置为伊犁盆地南缘某铀矿区,图中东部的铀见矿孔位于氡浓度的高场或高场边缘部位,符合砂岩型铀矿的氡异常模式,而中部的铀见矿孔却位于氡浓度的低场,氡浓度的均值比东部的要低 6 000 Bq/m³ 左右,同一个矿床却呈现出两种反差较大的氡异常形态,这是比较反常的现象。

从研究区数字高程模型(DEM)数据中提取高程等值线并与氡浓度图层叠加后可以发现,氡浓度高异常与低异常区的边界部位与地形图展现的冲沟边界高度吻合,图中中部为一片近似三角形的地势低洼区域,海拔比两边的平均低 30 m 左右,而该区域恰恰是氡浓度低异常区,这其中应该存在某种关联。

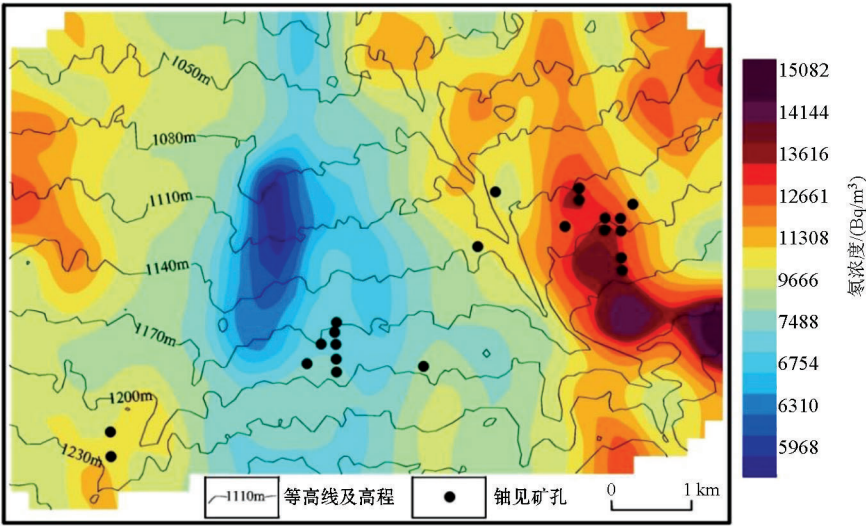


图 1 伊犁盆地南缘某铀矿区氡浓度等值线

2 地形干扰对氡深部运移机制的启示

综合分析认为,研究区地势低洼处存在季节性的流水冲刷,水流方向由南向北,地表镭元素受到了水流的搬运作用导致含量降低,氡作为镭的衰变子体其浓度相应降低,这也恰好否定了地表的氡异常是由深部直接上升的氡气引起的,因为由深部上升的气体不可能和地形有如此密切的联系。这从一种角度上证实了地表所测的氡异常主要是由地表的镭衰变形成,而不是由深部直接上升的氡气形成的,为氡气迁移机理的研究增添了证据,也引发了对氡气长距离搬运问题的再思考。

2.1 氡气运移机制的理论进展

国内外学者对氡气深部运移机制的研究持续了多年,早期的认识包括:①扩散作用,氡的分子从浓度高的地方向浓度低的地方移动;②对流作用,由于存在压力差,氡气从压力高的地方向压力低的地方迁移;③抽吸作用,由于温度的差异使氡气向上迁移;④泵吸作用,地球定时涨落的泵吸效应等可以导致氡气的迁移;⑤地热作用,由于地热梯度的存在,气体向冷的部位迁移时带动氡气迁移;⑥水的作用等等。

在地质找矿工作中有实际意义的氡同位素是²²²Rn,²²²Rn的半衰期只有3.825天,学者逐渐认识到在如此短的时间内依靠上述迁移机制无法作长距离运移,1982年Kristiansson和Maqlmqvist提出了一种新的假设,即氡原子可能是被一股缓慢向上、可穿过岩石到达地表的地气流搬运^[6],这对氡的迁移机制研究提出了新的思路,但此时仍认为氡是由深

部直接迁移至地表的。吴惠山等提出氡的迁移有狭义和广义之分,狭义层面上氡依靠扩散等作用进行近距离迁移,广义层面上氡依靠接力作用进行迁移,主要是镭在地下水的作用下迁移至近地表后衰变为氡,再进行近距离迁移^[7],该观点的提出大大完善了氡的迁移机制理论,白云生等人的实验^[8]也支撑了氡迁移机制为“多棒接力传递”作用的观点。

地气测量方法的进展^[9-10]证实了深部矿体在上升气流作用下存在元素迁出现象,能够在矿体上方形成异常。随着深穿透地球化学理论的不断进步^[11-13],目前主流观点是在干旱的厚覆盖区元素深部迁移是以地气流为主导作用的多营力(包括地下水循环、离子扩散、氧化还原电位梯度、蒸发作用、植物作用等)共同作用的结果,而在潮湿地区地下水的搬运会起着更重要的作用。

此外,贾文懿等人从内因上对氡气运移进行研究,提出氡及其子体的团簇现象是其向上运移的内因,通过实验表明氡及其子体衰变放出的α粒子成为⁴He后,能与氡及其子体或母体形成团簇,并拥有较强的向上运移能力^[14]。实验是在排除外界干扰的情况下进行的,旨在探讨氡及其子体自身的运移能力,在实际环境中团簇现象的运移效果尚无法证实,但是对研究氡气运移机制提出了新的思路。

综合多学科的研究成果,从宏观角度来讲氡气自身无法作长距离的迁移,地表的氡异常是由深部纳米级的²³⁸U和²²⁶Ra经多营力接力传递作用迁移至地表后衰变形成。

2.2 实测数据对氡运移机制的支撑

前文论述了地面氡异常与地形的相关性,从一个角度支持了目前认为的氡气运移机制,为了进一

步证实地表氡异常和镭元素的相关性,笔者在伊犁盆地南缘挑选了一片地区分别作了活性炭吸附测氡和土壤镭含量测量,活性炭的炭盒埋深为 50 cm,测镭的样品同样取自 50 cm 深的土壤,样品送往中国地质大学(北京)进行分析。将测量数据做相关性

分析后得到镭和氡的相关性为 0.78,表明了二者的相关度很高,分别作等值图(图 2)对比观察可以发现,镭和氡的分布形态非常相似,进一步表明了地表的氡异常主要受控于地表镭含量的高低。

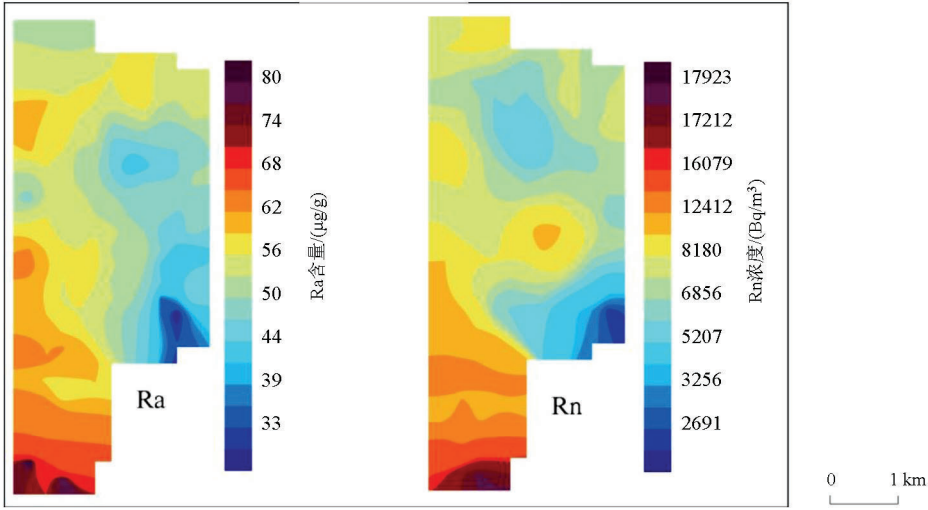


图 2 研究区地面氡浓度与镭含量对比

2.3 氡气来源及找矿意义

尽管氡异常主要受地表镭含量的影响,但从理论上讲,氡浓度除了地表镭元素衰变形成的部分外,还有一部分是地下迁移上来的,这部分氡气并不是从深达几百米的矿体直接迁移上来,而是深部上升的镭元素在迁移至近地表时衰变形成的,如果能准确地获得这部分氡浓度数据,对确定深部矿体的位置将会很有利。部分学者^[15-16]以伽玛能谱测量的铀当量数据代表地表的镭含量,以氡浓度数据指示地表和地下迁移的镭元素总量,将两类数据进行数学计算后获取深部上升的镭含量,这种思路是比较好的,但由于深部迁移的镭含量所占比重较小,考虑到仪器测量误差和其他干扰因素的影响,目前尚无法准确获得该部分镭含量,随着多学科发展水平的提高,这必是未来获得突破的一个方向。

另外需要说明的是,尽管地表氡浓度与地表镭含量的相关性很高,但氡气作为气体形态,具备特有的扩散机制,尤其是砂岩型铀矿产于沉积盆地内,通常伴有煤矿的产出,煤矿采空区上方的氡浓度会发生一定的改变,在异常解释时需要留意。

3 地形干扰因素的抑制

3.1 地形干扰的不同类别

从实践结果来看,地形对砂岩型铀矿氡气测量

结果的干扰是客观存在的,必须引起重视。为了达到降低地形影响的目的,需要收集研究区数字高程模型(DEM)数据,并与预处理后的氡浓度数据进行叠加分析,具体情形可分为以下几类:

1) 地形切割明显,单个氡异常区被分割为两个或多个小异常片。如果一大片氡异常明显地被狭长的冲沟切开,那么在异常解释时可以将分割后的氡异常片合并为单个氡异常区进行考虑。

2) 冲沟方向发生转折的部位常常伴有氡浓度的高异常,这是由于冲沟方向产生偏转时水流速度减缓,更有利于铀、镭等元素在地表进行沉淀富集。例如图 1 右下方冲沟方向转为北西向,在转折点的上方存在氡浓度高异常区,认为该异常为非矿致异常,而该区域的钻探结果也显示并无铀矿化现象,印证了上述观点。

3) 地形起伏并不剧烈,但氡异常仍然明显受地形影响。此种情况下在地形相对较低区域,氡浓度的背景值可能呈整体降低的趋势,造成了全区的氡浓度背景值不均衡,低背景值区域的氡异常很容易被掩盖,会对全区的氡异常宏观形态产生较大变化,单纯依靠目视解译无法准确地辨别氡异常的客观形态,这就需要依靠数学运算来削弱地形的干扰,经研究认为子区中位数衬值滤波法能较好地降低地形对氡气测量的影响程度。

3.2 子区中位数衬值滤波法的应用

3.2.1 方法原理^[17-19]

子区中位数衬值滤波法是在 EDA (勘查数据分析) 技术和滤波技术的基础上开发出来的化探数据处理方法。

EDA 技术以稳健统计学为基础,不需要设定假设条件,也无需对原始数据作任何处理,而是根据数据本身的特点来提取异常。EDA 方法的统计参数包括中位数、2 个极值点和上、下四分点。它的处理算法如下:

$$F_u = Q_u + 1.5S_h, \tag{1}$$

$$F_l = Q_l - 1.5S_h, \tag{2}$$

式(1)中, F_u 表示异常点下限, Q_u 表示上四分点,式(2)中 F_l 表示异常点上限, Q_l 表示下四分点, S_h 表示内散度,其意义与均方差类似。EDA 方法认为数据集有 25% 的数据是无效的,这些数据对整个数据集的统计参数(中位数和上、下四分点)不产生影响,异常点临界值只受内散度影响而不受异点的影响。与稳健统计量相反,只要有一个极值点就会给常规经典统计学中的算术平均值和标准离差带来很大的影响,进而给建立在常规经典统计学上的由算术平均值和标准离差确定的异常下限带来很大的影响。因此 EDA 方法与传统经典统计学相比可以有效抵抗干扰。

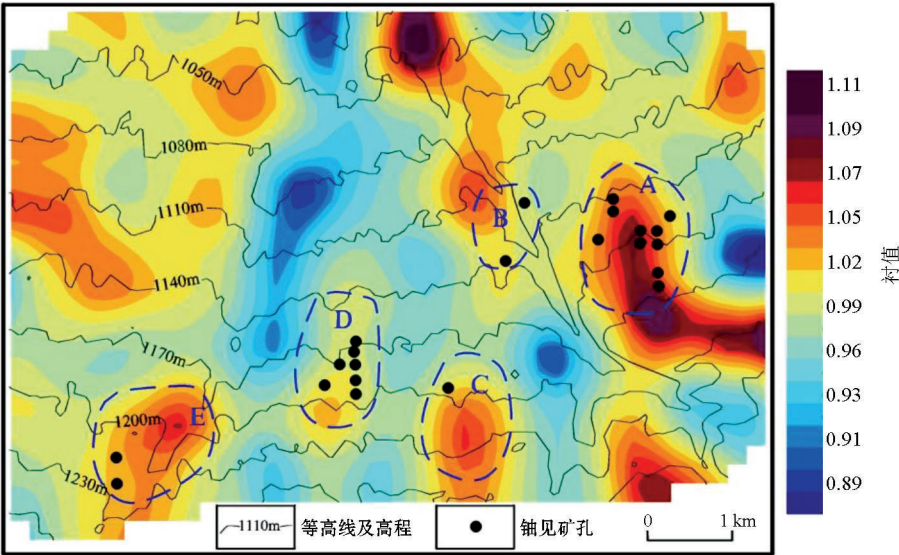
子区中位数衬值滤波法是在柯尔莫哥夫—斯米尔诺夫滤波器(KSF)、框形滤波器(PFF)和 EDA 技术的基础上开发形成的,它采用子区模拟背景场的空间变异,以 EDA 技术计算异常临界值,用衬值表示基准度量场值的起伏变化。具体实现过程是:在网格化数据中以 3×3 个网格作为小窗口,取其中位

数作为小窗口中心格子的趋势值(CW_m)。以 9×9 个网格作为大窗口,取环带数据的中位数作为背景值,用 EDA 的算法计算 F_u ,然后计算 CW_m 与 F_u 的比值 C_F , C_F 即为衬值,如果 $C_F > 1$ 则代表正异常,据此我们就可以用衬值来进行地球化学元素异常的识别。

子区中位数衬值滤波法用窗口代替子区,以小窗口为局部异常,以大窗口为局部背景,逐点移动,使得每一点或子区的背景不同,把氢浓度背景面看成一个连续起伏变化的曲面。即在该方法处理过程中,自动地把一个大区域划分成很多个小子区,每个小子区均具有自己的氢浓度背景值和异常下限值,这就从理论上解决了低背景区和高背景区弱小异常的识别问题,削弱了地形对氢异常形态造成的负面影响。

3.2.2 应用效果

以图 1 中的范围为研究区域,对子区中位数衬值滤波法的应用效果进行检验。图 3 与图 1 对比可以发现处理效果如下:①地形对氢异常的干扰程度大幅度降低,研究区中部由于地形影响造成的氢浓度低异常区已经基本消失;②对成矿有利的高异常区仍然得到保留。图 3 中 A 区的铀见矿孔较多,与氢浓度高异常区较吻合,且异常形态较好;③弱异常区得到增强。图 3 中 B、E 区原本只是弱异常区,而处理之后异常程度大幅增强;④发现新异常。由于地形影响造成区域性的氢浓度降低,图 3 中的 C、D 区被淹没在大范围的氢低异常区内,与铀见矿孔吻合程度较差,而处理之后 C、D 区的氢异常信息明显增强,与铀见矿孔相关性较密切,削弱了地形差异对异常解释的干扰,有助于在低背景值区域发现铀成矿有利区。



万方数据 图 3 伊犁盆地南缘某铀矿区氢浓度衬值滤波等值线

4 结论

1) 地形对砂岩型铀矿氡气测量的干扰现象较为普遍,表现为地势相对低洼的区域氡浓度相应降低,容易造成矿致异常的遗漏,这对异常解释会产生较大的负面影响,需要引起重视。

2) 地形的干扰现象为氡气深部迁移机制的推测提供了新的证据,认为地表的氡异常是由深部纳米级的²³⁸U 和²²⁶Ra 经多营力接力传递作用迁移至地表后衰变形成,地势相对较低区域的铀、镭离子容易受季节性的流水冲刷引起含量降低,从而造成氡浓度的相应降低。

3) 局部的氡异常地形改造现象可通过目视解释进行修正,而地形对氡浓度宏观形态的破坏需通过数据处理进行修正,研究认为子区中位数衬值滤波法可以较好地抑制地形对氡浓度空间形态的干扰,在保留高异常区的基础上,能够对弱异常进行增强,以及在低背景区发现新的矿致异常。

参考文献:

[1] 黄国夫,叶树林,万骏.地面放射性氡法在寻找层间氧化带型砂岩铀矿中的应用[J].物探与化探,2000,24(1):12-15.

[2] 李必红,刘庆成,邓居智.氡及其子体测量在东胜砂岩铀矿勘查中的应用[J].物探与化探,2005,29(6):519-522.

[3] 刘艳阳,刘庆成,张志勇.砂岩型铀矿氡及其子体测量异常特征[J].东华理工学院学报,2006,29(4):314-317.

[4] 李必红,刘庆成,邓居智,等.砂岩型铀矿床上氡及其子体异常分析[J].铀矿地质,2007,23(1):49-54.

[5] 刘武生,李必红,史清平,等.二连盆地砂岩型铀矿土壤氡异常

模型及应用[J].物探与化探,2015,39(2):234-238.

[6] Kristiansson K, Malmqvist L, Persson W. Geogas prospecting: a new tool in the search for concealed mineralizations. Endeavor, New series, 1990, 14(1):28-33.

[7] 吴慧山,韩耀昭.氡测量及其在地球科学中的若干应用[J].物探与化探,1988,12(6):418-421.

[8] 白云生,林玉飞,常桂兰.铀矿找矿中氡的迁移机制探讨[J].铀矿地质,1995,11(4):224-230.

[9] 童纯菡,李巨初.地气测量寻找深部隐伏金矿及其机理研究[J].地球物理学报,1999,42(1):135-141.

[10] 刘晓辉,周四春,童纯菡,等.地气模型中元素迁移规律[J].物探与化探,2012,36(6):1050-1054.

[11] 谢学锦.深穿透地球化学[J].地学前缘,2003,10(1):225-238.

[12] 王学求.深穿透地球化学迁移模型[J].地质通报,2005,24(10/11):892-896.

[13] 李庆阳,蔡惠蓉.再论地面氡及子体探测深部铀矿的机理[J].成都理工大学学报:自然科学版,2010,37(3):279-282.

[14] 贾文懿,方方,周蓉生,等.氡及其子体向上运移的内因与团簇现象[J].成都理工学院学报,1999,26(2):171-174.

[15] 杨镜明,张霖,王成,等.地面氡及其子体测量在新疆汉水泉地区砂岩型铀矿找矿中的应用[J].新疆地质,2007,25(4):436-439.

[16] 赵希刚,娄汉生,喻腾,等.利用活性炭吸附测量氡浓度和能谱测量铀含量比值识别深部铀矿矿致异常[J].物探与化探,2013,37(3):422-426.

[17] 史长义,张金华,黄笑梅.子区中位数衬值滤波法及弱小异常识别[J].物探与化探,1999,23(4):251-256.

[18] 费光春,李佑国,温春齐,等.子区中位数衬值滤波法在川西斑岩型铜矿区地球化学异常的筛选与查证中的应用[J].物探与化探,2008,32(1):66-69.

[19] 赵宁博,傅锦,张川,等.子区中位数衬值滤波法在地球化学异常识别中的应用[J].世界核地质科学,2012,29(1):47-51.

The terrain interference to radon measurement in sandstone-type uranium deposit and its correction method

ZHAO Ning-Bo, FU Jin, LIU Tao, ZHANG Dong-Hui

(National Key Lab of Remote Sensing Information and Image Analysis Technology, Beijing Research Institute of Uranium Geology, Beijing 100029, China)

Abstract: There exists intimate relationship between the ground radon concentration and the terrain, and the transformation effect of the terrain can destroy the objective form of radon concentration. Through discussing the cause of the terrain interference effect in combination with an analysis of the measured ground radon and radium data, it is considered that the surface radon anomaly is mainly formed by the decay of nanometer ²³⁸U and ²²⁶Ra which is transported to the surface by relay transmission. In order to suppress the terrain interference, the authors adopted the subarea median contrast filtering method for radon concentration data processing, and the results show that, on the basis of retaining high anomalies, the weak abnormal information can be enhanced, and new ore-related anomalies can be delineated, which suggests that good application effect can be achieved.

Key words: sandstone-type uranium deposit; radon measurement; terrain; contrast filtering method