

四种地化方法在一座可地浸砂岩铀矿床上的初试

谈成龙, 谢海宁

(核工业北京地质研究院, 北京 100029)

摘要:铀是一种能源矿产,寻找低成本、可以用原地浸出工艺开发的砂岩型铀矿则更具重要意义。笔者采用氡测量、伴生元素测量、金属活动态测量、大地气态水铀测量 4 种找铀地化方法,在北方 1 座已知地浸砂岩铀矿上开展了试验。结果表明:氡测量、伴生元素测量方法依然有效;金属活动态测量方法的引进需理智和深化;大地气态水铀测量方法的研发取得一定进展。

关键词:可地浸砂岩铀矿床;氡测量;伴生元素测量;金属活动态测量;大地气态水铀测量

中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2007)01-0043-04

为了研发、确认我国北方地区厚覆盖条件下的层间氧化带砂岩型铀矿的找矿方法及其有效性,近年来我们先后在北方某座已知的层间氧化带砂岩型铀矿上进行了多种找矿方法试验研究,其中包括 γ 测量、氡测量(射气测量、活性炭吸附氡的瞬时测量和累积测量)等常规放射性测量,地气(铀)测量、金属(铀)活动态测量等非常规的放射性测量,以及新的大地气态水铀测量等工作。现将其中一些方法试验的结果示出,以推动我国北方地区的地浸砂岩铀矿勘查的方法的研发和应用工作。

1 层间氧化带型砂岩铀矿床

与层间氧化作用有关,成矿多靠近自流盆地由沙、砂岩、细砾岩和砾岩等组成的可渗透的含水层,产在层间氧化带边缘,矿体由一些填隙、浸染状分布的铀组成的,切割砂岩层理的弧形带状体。其在剖面上的产状为卷状、透镜状及板状,平面上则形成围绕着层间氧化岩石分布地区的铀矿化带。该类铀矿床因为可以用低成本的原地浸出工艺开发而广受世界铀矿业界的青睐。

一些地球化学家十分形象地描述了这种矿床的形成进程:从补给区的源点起,小的氧化区沿着静水压力梯度向下扩展,如同闷烧的火一样渐渐变大,最终汇合在一起,占据着补给区渗透性比较好的部分。随后,在氧化-还原地球化学渐变带逐步形成了卷状、透镜状、板状铀矿体。在铀矿业界,有人将这种矿床称之为层间氧化带型砂岩铀矿床,也有人赋予卷型铀矿床的称谓。

自然界业已查证的这类铀矿床大多产于荒漠、戈壁、半丘陵等地球化学景观,为隐伏盲矿。通常,勘查方法以钻探为主。为降低勘探成本、提高钻探效率,发展各种化探、物探等找矿方法已成世界各地地浸砂岩铀矿勘查工作的重点。

2 方法试验区概况

试验区位于鄂尔多斯盆地东北缘,地表主要为第四系砂土层、砂砾层、淤泥等。该区已发现的铀矿化赋存在中侏罗统直罗组的砂岩里,矿体埋藏在地下 80~150 m 深处的灰绿色、浅灰色中细砂岩中。铀矿体总体呈南北走向的板状产出,长 1 000 余 m。经矿体开发工艺评价,该矿为一座可以用低成本的原地浸出工艺开发的层间氧化带砂岩型铀矿床。

试验地为干旱一半干旱区,年降水量仅为蒸发量的 1/5 左右,地面起伏较大,植被比较发育,覆盖层厚度不均匀,一般为几十厘米至几十米不等。

由已施工的近百个钻孔的岩心、测井资料表明,该地下铀矿赋存条件、产出空间、地质-地球物理-地球化学特点基本清楚,具备了开展各种找矿方法试验的前提和要求。

3 金属活动态测量

在地质勘查的范畴里,金属元素的存在形式通常被分为活动态形式和不活动态(稳定态)形式。金属的活动态形式不仅作为离子或络合物的形式存在于各种载体中,而且还大量地作为微细颗粒(亚微米至纳米),以物理形式被可溶性岩类、土壤胶体、

黏土矿物、铁锰氧化物和有机物质吸附、包裹等。金属的这些活动形式能被流体和气体带出、搬运。它们不仅与成矿有着密切的关系,而且还能从矿体或以多种途径向地表迁移,在地表疏松介质中形成活动态叠加含量,为地勘工作者带来地下深部矿化信息,对找矿有重要意义。

通过采集土壤地化样品,在实验室里运用 2 步循序提取流程可以分别测试到金属的各活动态形式的数量。由金属的各活动态形式的数量高值带,以求发现地下隐伏的铀矿体。

金属活动态测量方法的试验选在 2081-3 剖面进行,土壤地化样的采集点距为 100 m,样品采集要求同常规地化样的采集一样。金属(铀)活动态的分析测试由地科院物化探所实施,方法为 2 步循序流程,分析测试的项目为水溶态铀、黏土吸附态铀、有机结合态铀、铁锰氧化物态铀等。据分析测试结果所作的剖面图可见(图 1),铀的各活动态含量曲线和地下已知矿体的对应程度一般,很难从中选出一种特性较为突出、与地下铀矿体对应较好的铀活动态含量曲线。

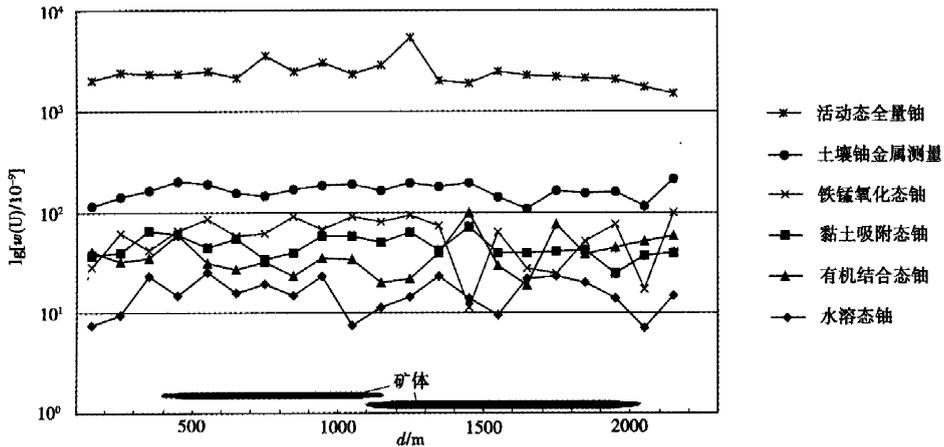


图 1 2081 地区 3 号剖面金属(铀)活动态测量试验结果

对比同一样品的活动态全量铀(水溶态铀、黏土吸附态铀、有机结合态铀、铁锰氧化物态铀等的总和)与土壤铀金属量的数据后发现,2081-3 剖面所有样品中各活动态铀全量的平均值只为样品总铀量的 6%~8%。由此看来,在本试验地及其周边地区开展金属活动态测量找铀工作有一定困难。尚有一些基础性工作需要做,如壤中铀的活动态究竟有多少种?目前提取的 4 种(水溶态铀、黏土吸附态铀、有机结合态铀、铁锰氧化物态铀等)是否具有代表性?土壤中还有像碳酸盐吸附铀、空隙液中的铀等在本次试验还没有得以提取,壤中活动态铀对壤中金的的活动态 2 步循序流程的适用性等等。因此,金

属活动态测量方法引入铀矿试验尚有待深化。

4 伴生元素找矿

在成矿作用过程中或矿体形成以后,由于内因或外因的作用,把与成矿有关的元素,如铀及其伴生扩散到矿体周围的基岩、土壤、地表水或地下水、地下气体或近地表气体以及植物中去,而使得铀及伴生元素的含量在局部相对增加,即在矿体周围会形成某些元素的含量异常(分散晕)。在实际工作中,可以把铀矿体和其分散晕样品中的铀含量与其他元素的含量进行对比,以确认铀的伴生元素。

图 2 为矿床含矿主岩样的 U、Mo、Se、V、Ge、Re

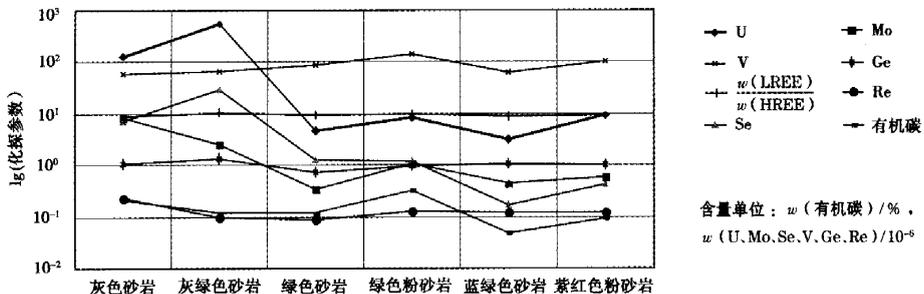


图 2 2081 矿床含矿主岩中 U、Mo、Se、V、Ge、Re 含量和轻稀土与重稀土比值及有机碳含量分析测试结果

含量,轻稀土与重稀土的比值、有机炭含量等分析测试结果,从中看出含矿主岩样中主元素 U 和 Mo、Se、V、Ge、Re 等含量、轻稀土与重稀土的比值、有机炭含量等参数呈“同消长”关系,不具分带特性。因此,在该地及其外围地区的铀矿找矿活动中,试图用伴生元素找矿方法找地浸砂岩矿的依据欠充分,运用伴生元素找矿的前景十分暗淡。

5 活性炭吸附氡测量

活性炭吸附氡测量方法是利用对放射性气体氡有着高吸附性的活性炭来完成的。在实际工作中,可以采用活性炭吸附氡瞬时测量,也可以运用活性炭吸附氡进行累积测量。

运用活性炭吸附氡累积测量时,在野外按一定测网挖坑(50~70 cm),埋置活性炭吸附装置(由罩杯和活性炭吸附器组成,活性炭吸附器内装一定比例的活性炭与干燥剂),过一周或更长长时间后,取出活性炭吸附器,再在现场或实验室里对活性炭吸附器测量由氡子体衰变的 γ 射线照射量率。最后,可借助于计算机,对所获资料进行处理,并绘制各种图件。结合地质-地球化学等信息,开展活性炭吸附氡测量法的铀成矿预测。

进行活性炭吸附氡瞬时测量时,可按测网打取气孔(80~100 cm),插入取气器,并把活性炭吸附器(活性炭吸附器内装一定比例的活性炭与干燥剂,且接上进、出气口)分别与取气器、电动定时抽气泵相连接,再按实际需要定期进行定时抽气(如 5、10、15 min、……)。然后,在现场或实验室里对活性炭吸附器测量由氡子体衰变的 γ 射线照射量率。最后,借助计算机对所获资料进行处理并绘制图件,结合地质-地球化学等信息,开展活性炭吸附氡测量法的铀成矿预测。

在试验区 2081-3 剖面上,开展了 2 种活性炭吸附氡测量(累积式和瞬时式)试验,测点距都是 100 m,累积式活性炭吸附氡测量的累积时间为一周,瞬时式活性炭吸附氡测量的时间为 10 min(图 3)。试验结果表明,虽然 2 种活性炭吸附氡测量试验结果在已知铀矿体上均有异常显示,但是累积式活性炭吸附氡测量曲线的异常幅度、衬度明显好于瞬时式活性炭吸附氡测量结果。

由此看来,在厚覆盖的条件下,选用累积式活性炭吸附氡测量方法比采用瞬时式活性炭吸附氡测量更为理智,获得的信号也更强,找矿效果也会更好些。

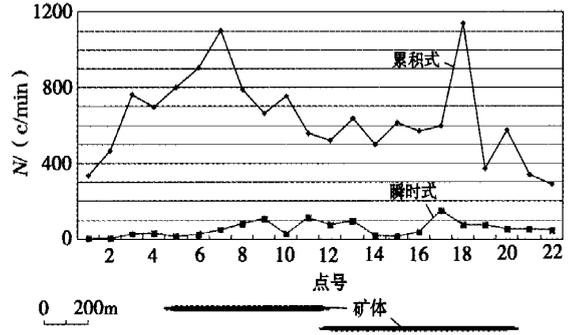


图 3 2081 地区 3 号剖面累积式和瞬时式活性炭吸附氡试验结果

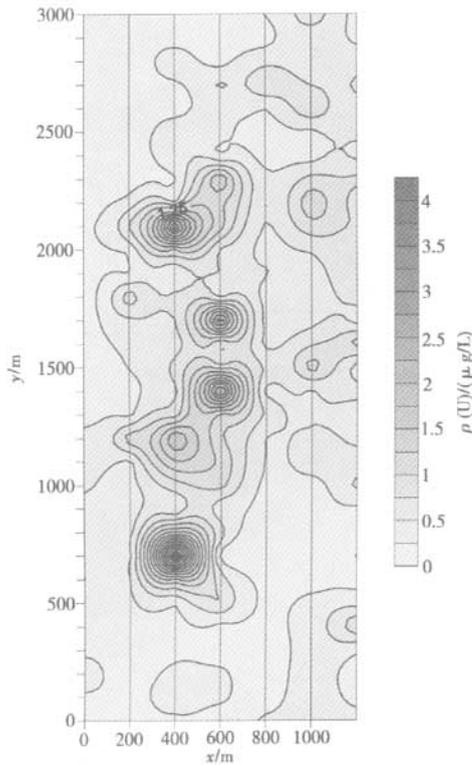
6 大地气态水铀测量

大地气态水是土壤的重要组成部分,借助于地球碳循环向上迁移的铀离子流积聚于土壤层,在松散土壤的空气中形成地球化学异常。该铀离子流与下伏赋存的矿体相呼应,因此设法采集近地表土壤的空气中离子流在转化为新形成的固定相之前的组分并分析测试,从而发现深部隐伏的铀矿体。在内蒙某地浸砂岩铀矿床上,已利用该方法进行了 2 年初步试验工作(包括剖面性测量与面积性测量),结果表明其异常幅度明显高于常规铀金属量测量方法,其地球化学异常衬度也大大好于常规铀金属量测量方法。该项技术在油气矿藏的勘查及其他金属矿产资源的勘查中也有着很大的应用潜力。

在实际工作中,通常收集以气体为载体的固、液态铀粒子。依据大地气态水的吸湿、凝结、蒸发作用,可以在野外可以用累积方式收集气态水(溶液),也可选择在实验室里将土壤样放在恒量饱和容器里收集气态水(溶液)的方式进行,再用等离子质谱仪测定气态水(溶液)中的铀。最后,可借助于计算机,对大地气态水铀测量所获资料进行整理、并绘制各种图件。结合地质-地球化学等信息,开展大地气态水铀测量对铀成矿前景的预测。

首先进行大地气态水铀测量方法的剖面试验,然后实施面积性测量。图 4 即为试验区已知铀矿体上的大地气态水铀测量平面等值图,该图由 7 条测线(线距 200 m)、每条测线有 31 个测点(点距 100 m)组成。图 4 中 400 m 测线就是图 1、图 3 所示的 2081-3 剖面。

需要推荐的是,以大地气态水铀测量方法为理念,人们可以将该方法延伸到油、气矿藏勘查,各种金属矿产的勘查工作中。



累积式活性炭吸附氡测量的累积时间为一周,瞬时式活性炭吸附氡测量的时间为 10 min

图 4 2081 地区大地气态水中铀测量等值线

7 结语

我国北方盆地众多,大多数为可地浸的层间氧化带型砂岩铀矿床找矿的处女盆地,找矿潜力大。只要理智地使用勘查方法,化探方法运用的前景看好。金属活动态测量在砂岩铀矿勘查中的试验还需

要做一些基础性的工作(例如,壤中活动态铀的存在形式、各种活动态铀的实验室提取技术等)。伴生元素找矿的地球化学前提尚不具备。活性炭吸附氡测量(累积式、瞬时式的)都可以大胆使用。新的大地气态水铀测量方法应该扩大试验,力争广泛运用。努力扭转厚覆盖地区砂岩型铀矿找矿方法单调、乏力、苍白的被动局面。

人类历经半个多世纪的找铀活动,自然界中出露地面、或近地表的铀矿大部分已被发现。赋存在地下深处铀矿的探寻,需要研发新的方法、或理智地运用传统方法、或引进一些铀矿勘查的非常规方法,以及必要的资金投入。依照国际原子能机构的最新统计,发现一座砂岩型铀矿平均需要四五年,而硬岩铀矿的发现平均为五六年,在经济条件差或铀矿勘查水平欠发达的地区,找铀矿所需时间则会更长些,经费投入也会多一些。为了使中国的核能源原料更多一些,尽可能少地依赖国际市场,我们需要开发更多的找铀矿新方法,需要更加合理、科学地运用传统的找铀矿方法以及引进更多的非常规的铀矿找矿方法。

参考文献:

- [1] 朱章森. 找矿员手册[M]. 北京:原子能出版社,1981.
- [2] 谢学锦. 深穿透地球化学新进展[J]. 地学前缘,2003,10(1): 122.
- [3] 朱祖祥. 土壤学[M]. 北京:高等教育出版社,1956.
- [4] 陈宏斌. 东胜地区直罗组蚀变岩石地球化学特征[J]. 西北铀矿地质,2004,(7):24.
- [5] OECD (NEA/IAEA). Uranium 2003 Resources, Production and Demand[M]. OECD, Paris,2004.

A PRELIMINARY TEST OF FOUR GEOCHEMICAL METHODS IN A LEACHABLE SANDSTONE URANIUM DEPOSIT

TAN Cheng-long, XIE Hai-ning

(Beijing Institute of Geology for Nuclear Industry, Beijing 100029, China)

Abstract: Using four geochemical methods, i. e., radon measurement, accompanying element measurement, metallic active state survey and earth gaseous water uranium survey, the authors made a tentative test in a known ground-leached uranium deposit in northern China. The results show that the first two methods remain effective, the study of the third method should be further deepened, and the fourth method has gained certain advances.

Key words: leachable sandstone uranium deposit; radon survey; accompanying element measurement; metallic active state survey; earth gaseous water uranium survey

作者简介:谈成龙(1948-),男,上海市人,高级工程师,从事铀矿物化探方法研究工作,曾发表论文几十篇。