

# 地面氡法测量技术在普查层间氧化带型砂岩铀矿中应用的可行性探讨

黄国夫\* 叶树林 万骏

(华东地质学院, 江西临川市)

**提 要:** 本文依据层间氧化带型砂岩铀矿床的成矿特点以及铀镭平衡变化的特征, 根据 $^{218}\text{Po}$ 测量技术在已发现的该类型铀矿床上普查找矿的试验结果, 讨论了地面氡法测量技术作为寻找层间氧化带型砂岩铀矿床的普查手段的可行性问题。

**关键词:** 层间氧化带型砂岩铀矿 地面氡法测量 铀镭平衡 普查

## 1 前 言

层间氧化带型砂岩铀矿床由于可运用地浸采矿技术开采, 是目前理想的低成本、高效益铀矿床, 也是我国当前主攻的铀矿类型, 它有以下特征: ① 矿床产于大、中型正向渗入型自流水盆地中, 赋矿层主要为具疏松透水的砂岩含水层。所谓正向渗入型盆地, 是指盆缘具有相对稳定的补给区, 水体自边缘向中心作向心式流动, 然后以开启(出露于地表)或封闭方式(在上覆岩层中分散、缓慢向上渗透)排泄的循环系统; ② 与围岩环境相比, 矿床具有叠加性, 即后生性; ③ 矿化受层间氧化带作用, 特别是层间氧化带尖灭区的控制。正向渗入型水盆地中, 层间氧化作用的发生和演化受渗入型水动力体系的控制, 其氧化带位于渗入区和排泄区之间, 通常可以划分为强、中和弱三个亚带。铀在氧化环境中以 $\text{U}^{6+}$ 的形式迁移, 而在还原环境中则转变为 $\text{U}^{4+}$ 而沉淀富集, 形成铀矿化或铀矿体。所以, 层间氧化带型铀矿主要赋存于层间氧化带尖灭线附近的前锋带和弱氧化带内, 即氧化—还原过渡带, 所以, 确定氧化—还原过渡带是寻找层间氧化带型砂岩铀矿的关键; ④ 矿体形态在剖面上呈特征性的“卷”状, 在平面上为条带状; ⑤ 矿化具不出露于地表的“盲矿”特点; ⑥ 矿石中除铀外, 尚伴有硒、钼、钒、稀土等元素的聚积, 可以综合利用; ⑦ 矿石用酸、碱的稀溶液易于浸出, 具有低成本高效益优势。

但由于该类型铀矿床为隐伏盲矿体, 地表覆盖厚, 能否有效地应用放射性物探普查技术方法研究确定层间氧化带铀矿床的矿化富集部位, 为进一步找矿勘探提供依据, 以节省找矿勘探成本, 提高找矿勘探经济效益, 是当前急待解决的问题之一。

本文仅就作者近期在西北该类型铀矿床上开展地面氡法—— $^{218}\text{Po}$ 测量找矿试验的结果, 探讨对该类铀矿床运用地面氡法普查找矿的可行性, 与同行商榷, 期望抛砖引玉, 不足之处敬请批评指正。

## 2 地面氡法—— $^{218}\text{Po}$ 测量普查寻找层间氧化带型铀矿的机理探讨

现用于普查找铀的地面放射性物探方法从检测对象来说, 都是测氡及其子体。从核探测

\* 黄国夫, 男, 32岁, 硕士, 从事放射性地质和环境地质方面的研究工作。邮政编码: 344000

技术来讲,是测量氡及其子体的特征 $\alpha$ 和 $\gamma$ 辐射,因此,地面放射性物探方法又简称为地面氡法。据放射性测量基础理论,放射性活度(或强度)大小与放射性物质数量成正比。氡是铀衰变系列中由铀衰变成的子体镭的第一代衰变子体,而 $^{218}\text{Po}$ (RaA)则是放射性核素氡( $^{222}\text{Rn}$ )的第一代子体(半衰期3.05 min)。 $^{218}\text{Po}$ 测量是通过测定土壤气体中核素 $^{218}\text{Po}$ 的放射性活度反映壤中氡气的浓度,最终反映镭的浓度,但如果铀镭处于放射性平衡,则据放射性衰变系列平衡关系,由核素氡或其子体的量,也可确定核素铀的量。

层间氧化带型砂岩铀矿床中,铀在氧化带中以 $\text{U}^{6+}$ 的形式迁移,当遇到还原环境时,则 $\text{U}^{6+}$ 转变为 $\text{U}^{4+}$ 而沉淀下来,因而在氧化—还原过渡带形成铀矿体。从氧化带 $\rightarrow$ 氧化—还原过渡带 $\rightarrow$ 还原带这一分带剖面中,铀的含量由低 $\rightarrow$ 高 $\rightarrow$ 低,而铀的放射性裂变产物——镭,其分布却并不完全服从铀聚集的规律<sup>[3]</sup>,大多数情况下,放射性平衡系数值( $K_p = ^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ )与铀含量之间存在一种大致相反的关系(图1),在氧化—还原过渡带的富矿石最低(小于0.15~0.20),而在矿体头、尾部的贫矿石中最高(达5~10倍以上)<sup>[4]</sup>,也即

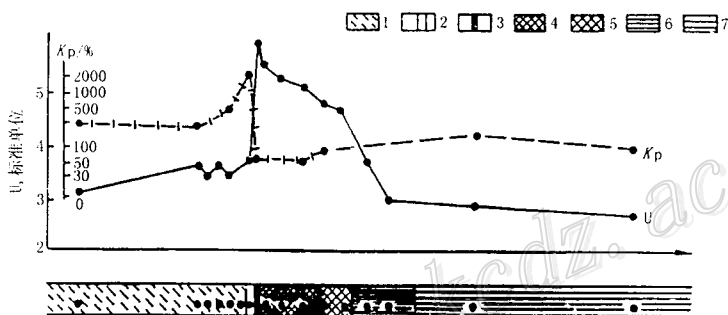


图1 层间氧化带型砂岩铀矿床中铀和平衡系数在各分带中的分布曲线

(据 А И Перельман, 1980)

1—层间褐铁矿化带(完全氧化带);2—含残余放射性的淡白色岩石带(弱氧化带);3—5—铀矿化带:3—富矿石亚带;4—中等矿石亚带;5—贫矿石亚带;6—铀晕带;7—灰色无矿岩石带(还原带)

在层间氧化带型铀矿床中,由矿体向外侧,铀镭平衡由偏铀过渡到偏镭。因此,具明显扩散成因的未氧化岩石中的镭晕一般总是紧裹在铀矿体的外面,在层间氧化带铀矿体的近矿体接触带中,由氧化 $\rightarrow$ 近还原部位,其镭的量由高 $\rightarrow$ 低,反映在 $^{218}\text{Po}$ 测量上,也存在高值到低值的转变区,利用这一特征就可运用地面氡法来普查寻找氧化—还原过渡带,进而为进一步勘探缩小靶区。

### 3 $^{218}\text{Po}$ 测量技术简介及其找矿试验结果

#### 3.1 土壤中 $^{218}\text{Po}$ 检测技术<sup>[1]</sup>

土壤中 $^{218}\text{Po}$ 检测技术能在野外实地测量,一次完成,具有操作简便、快速,并能对所发现的异常进行追索、研究、处理。具体工作步骤如下:

挖坑(40~50 cm) $\rightarrow$ 坑内埋放装有带静电负压(约1000 V)的特制取样片的取样器,收集壤中气体中的 $^{218}\text{Po}$ 核素(时间5~10 min) $\rightarrow$ 取出取样器中的取样片,放入特制的专门测定核素 $^{218}\text{Po}$ 活度(PF-3型)仪器中,进行 $^{218}\text{Po}$ 活度(或计数率)测量(时间2'16")。上

述工作，每个测点大约 10 min，测点之间的点距为 100 m。

大家知道，土壤中气体中的氡 ( $^{222}\text{Rn}$ )，由两部分构成，其一为壤中正常放射性核素  $^{238}\text{U}$  衰变子体  $^{226}\text{Ra}$  产生的，另一部分是由地下源体（铀矿体或镭体）产生并迁移上来的。因此，应用该法普查找矿时，应依据具体的地质地球物理条件建立地质物探异常模式，判别异常是否为源体引起。

### 3.2 ××层间氧化带型砂岩铀矿床试验结果

(1) 矿床地质简述<sup>[2]</sup>：该铀矿床位于伊犁盆地南缘西段红海沟一带。是我国目前勘探程度最高，地质情况了解最多，层间氧化带发育程度最好的典型砂岩型铀矿床。铀矿化主要产于下侏罗统水西沟群中。该地层韵律变化十分明显，自下而上形成 8 个沉积旋回，且每个旋回都是以砂砾岩或粗砂岩开始，以泥岩、煤层结束。在该地层中发育 13 层煤层，其中以  $M_5$ 、 $M_8$ 、 $M_{10}$  煤层稳定。在每个旋回砂体中都发育有层间氧化带，尤其以 I - II 和 V 旋回的层间氧化带中的铀矿体最好，构成铀矿床主体。矿体主要分布在层间氧化带的尖灭部位。在平面上组成 3 条近东西向的铀矿带。从剖面上看，矿体产于层间氧化带的上下盘灰色砂岩中，形成复杂的卷状矿体。矿体卷头宽约 50~100 m，厚 5~6 m，品位 0.03%~0.1%，翼部矿体宽约 200~350 m，单层矿体厚约 1~2 m，品位 0.01%~0.1%。矿体平均品位 0.06%，埋藏深度 170~230 m。含矿层为向北倾  $5^\circ\sim 8^\circ$  的单斜地层。

(2) 单一剖面上的试验结果：图 2 为该矿床 ×× 剖面上  $^{218}\text{Po}$  测量曲线和钻探剖面图，从图中可发现，氧化—还原过渡带位于  $^{218}\text{Po}$  相对低值带内，而卷状矿体恰好也处于  $^{218}\text{Po}$  相对低值带内，其卷状矿体边界（头、尾）部位呈明显相对高的异常反映。

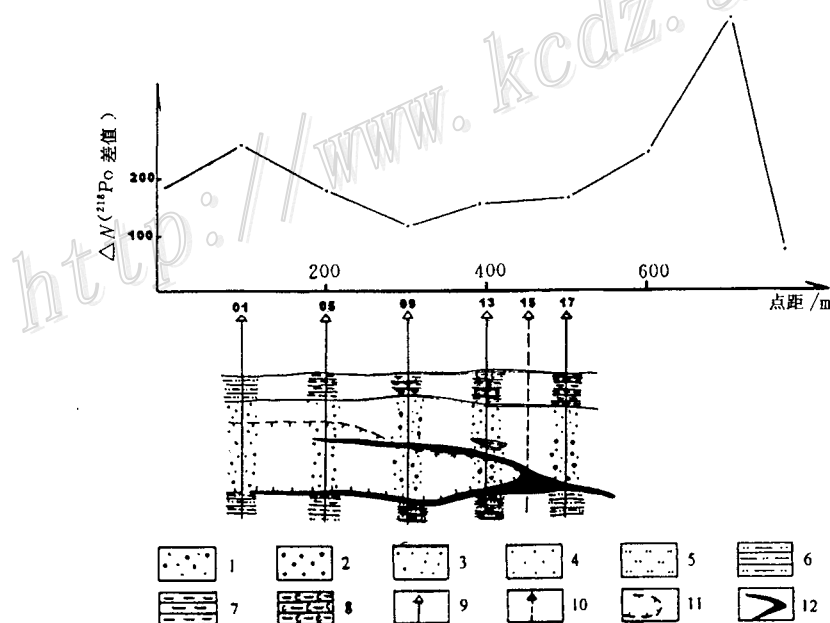


图 2 ××铀矿床 ×× 剖面  $^{218}\text{Po}$  测量曲线和钻探剖面图

1—砂砾岩；2—砂岩；3—中细砂砾岩；4—细砂岩；5—粉砂岩；6—泥质粉砂岩；7—泥岩；8—含碳泥岩；9—已施工钻孔；10—设计钻孔；11—层间氧化带前峰线；12—卷状铀矿体

(3) 区域内多条剖面上的试验结果: 图3为该矿床连续4条剖面的 $^{218}\text{Po}$ 测量曲线和钻探对比结果, 其矿化砂体, 也即氧化-还原过渡带, 基本上位于 $^{218}\text{Po}$ 测量曲线的低值区内, 大部分含矿钻孔也位于低值区内。据此, 可以利用 $^{218}\text{Po}$ 测量曲线的低值区范围来大致圈定氧化-还原过渡带。

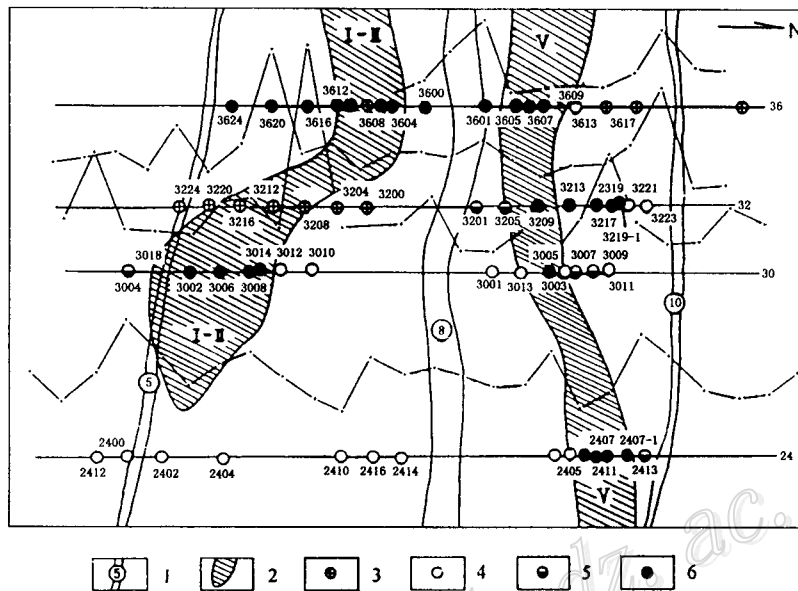


图3 ××铀矿床 $^{218}\text{Po}$ 测量找矿试验综合成果图

1—煤层及编号; 2—矿化砂体; 3—设计钻孔; 4—未见矿孔; 5—表外矿化; 6—工业矿化

## 4 结 论

寻找层间氧化带型砂岩铀矿床, 关键是确定氧化-还原过渡带的位置。在盆地地表覆盖厚, 氧化-还原过渡带又是隐伏于地下, 用普查钻探的方法来寻找具有远景的盆地中隐伏的氧化-还原过渡带, 成本高, 风险也大。 $^{218}\text{Po}$ 测量技术, 可以在野外地表直接测量, 其测量结果曲线的低值区大体反映了氧化-还原过渡带的分布范围, 这可以直接缩小钻探找矿的目标范围, 节省成本, 降低风险。从野外实际试验看, 效果较好, 是一种可推广的普查寻找层间氧化带型砂岩铀矿方法。

在野外试验中, 得到了西北地质局216大队1分队、4分队以及丁忙生、王成、文战久、王正其等同志的通力支持和大力协助, 作者在此表示深切的感谢。

## 参 考 文 献

- 1 周瑞等.  $^{218}\text{Po}$ 测氧及其找矿效果的初步探讨. 华东地质学院学报, 1983, 9 (2): 60~68.
- 2 王保群. 512铀矿地浸条件及技术经济评价. 铀矿地质, 1997, 13 (3): 147~153.
- 3 Шумилин М В, Муромцева Н Н, Бровин К Г. и др. Разведка месторождений урана для отработки методом подземного выпелачивания. Недра, 1985, 23~27.
- 4 Максимова М Ф, Шмарновпч Е М. Пластовоинфильтрационное Рудообразование. Москва: Атомиздат, 1993, 49~50.