

# $^{210}\text{Po}$ 及土壤热释光测量方法在长江矿田内的应用研究

黄 标

广东省核工业地质调查院 广东广州 510800

**摘 要:** 花岗岩型铀矿是我国重要的铀矿床类型之一。长江矿田在早期的铀矿勘查工作中,放射性物探发挥了极其重要的找矿作用,但在解决深部隐伏矿体、含矿隐伏构造展布特征等深部地质问题方面则显得无能为力。通过对研究区开展 $^{210}\text{Po}$ 剖面测量、土壤热释光剖面测量等工作,并结合伽玛总量剖面测量等放射性找矿技术方法,能共同提取深部铀成矿信息,为深部铀成矿预测提供依据,达到更好的寻找深部隐伏铀矿床的目的。

**关键词:** 长江矿田; 花岗岩型铀矿;  $^{210}\text{Po}$ ; 土壤热释光; 隐伏铀矿床

粤北长江矿田是我国重要的花岗岩型铀矿聚集区之一,有著名的棉花坑(302)和书楼丘(305)两个大型铀矿床,其中棉花坑(302)矿床是长江矿田中规模最大的矿床,也是目前我国花岗岩型铀矿床中单个矿床规模最大的一个。但由于研究区植被覆盖严重,深部找矿工作并没有取得突破性进展。利用 $^{210}\text{Po}$ 剖面测量、土壤热释光等方法能有效缩小找矿靶区<sup>[1]</sup>,圈定异常基本形态和规模,查明异常源,对异常的成矿远景做出初步评价,为后续矿产勘查工作提供可靠依据。

## 一、成矿地质特征

### 1. 区域地质

长江矿田位于诸广山岩体南部,处于扬子准地块与华夏古陆之间的加里东褶皱带,闽赣后加里东隆起南缘与湘桂粤北海西—印支拗陷的刚柔地块结合部;岩体还受九峰—大余东西隆起带,万洋—诸广南北隆起带和万长山北东隆起带的三重控制。区域断裂构造上处于北东向的吴川—四会、烟筒岭—南城深大断裂与北西向的惠来—安仁深大断裂的交汇复合处。在区域铀成矿位置中,即处于华夏活动带铀成矿省的北东向桃山—诸广铀成矿带的南段,产有丰富矿产的大型诸广岩体的南东缘<sup>[2]</sup>。

### 2. 岩体特征

诸广岩体的形成始于加里东期,岩浆活动经历了4期13个阶段,印支—燕山早期侵入活动达到高峰,构成了岩体的主体。区内出露的岩石主要有燕山早期中粒、中细粒黑云母花岗岩,其次为印支期中粗粒、中粒花岗岩和燕山晚期细粒二云母花岗岩,岩性复杂多样,且铀含量高 $[(17 \sim 19.8) \times 10^{-6}]$ 。此外,中基性脉岩(煌斑岩为主)及碱性岩类在区内亦广泛发育,在不同阶段的花岗岩体内均可见到。这种繁杂的高铀含量岩体为铀成矿提供了丰富的铀源。

### 3. 构造特征

矿田内有北东、北西、北东东及南北向等四组断裂构造,多以硅化带、蚀变破碎带形式产出,其中北东

东向与近南北向断裂构造,组成了本矿田排骨式构造骨架(图1)。长江矿田见北东向塘洞深断裂及北东东向黄溪水、黄溪断裂等控矿断裂构造。由塘洞深断裂和牛尾岭—蕉坪硅化断裂组成的长江断陷带与城口断裂和黄溪断裂组成北东东向城口断陷带交汇区,矿化受两个复合部位控制。

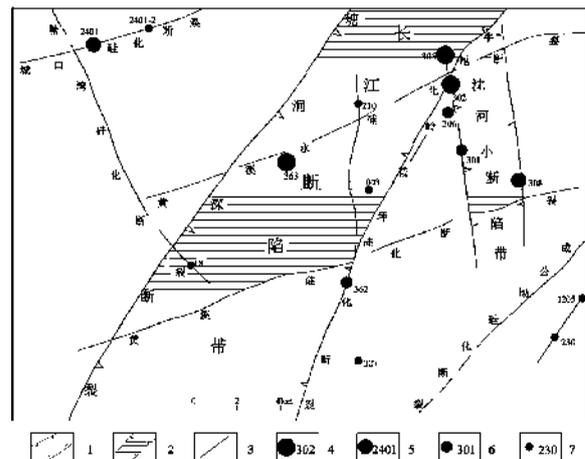


图1 长江矿田受断陷带复合区控制略图

1. 断陷带; 2. 断陷带复合区; 3. 容矿构造; 4. 大型铀矿床及编号; 5. 中型铀矿床及编号; 6. 小型铀矿床及编号; 7. 铀矿点及编号。

### 4. 铀矿化特征

长江矿田原生铀矿物有沥青铀矿,次生铀矿物有铀黑、硅钙铀矿、铜铀云母、钙铀云母。共生金属矿物有赤铁矿、胶黄铁矿,少量方铅矿。脉石矿物有微晶石英、黑紫色萤石、浅色玉髓,梳状石英。沥青铀矿以浸染状与赤铁矿分布于微晶石英中,形成时间较早;脉状沥青铀矿常与胶黄铁矿一起相互交代,生成较晚。矿石呈胶状结构,致密块状构造。矿石岩性多为红色微晶热液石英岩和硅化、赤铁矿化碎裂岩,为沥青铀矿—红色微晶石英组合。矿石微量元素有Pb、Zn、Cu、Mo、Ni、V等含量均较低。

## 二、方法原理

土壤天然热释光法是指采集地表一定深度的土壤或砂样品,用高灵敏度的热释光测量装置测量样品中天然矿物在漫长的地质年代内长期接受放射性核素(尤其是氡及其子体)辐射而产生的热释光强度进行的一种找矿方法,它属于累积测氡方法的范畴<sup>[3]</sup>。

<sup>210</sup>Po是氡经过3次α衰变和2次β衰变后形成铅(<sup>210</sup>Pb),再经2次β衰变而形成的<sup>[3]</sup>。在氡的衰变子体中铅(<sup>210</sup>Pb)的半衰期最长,为22.3年。由于氡在迁移过程中不断衰变与积累,长时间后就形成了与氡基本处于放射性平衡的Pb晕<sup>[4]</sup>。此<sup>210</sup>Pb晕可用于反映该处长时间里氡浓度的平均值。与氡浓度不同的是,即使在近地表,<sup>210</sup>Pb的浓度也不受气候变化的影响。若采取土壤样品测量其中<sup>210</sup>Pb的浓度,换算成<sup>210</sup>Po的含量将可能直接反映取样点的氡浓度。土壤中<sup>210</sup>Pb的量可以通过测定它的衰变子体<sup>210</sup>Bi的β射线强度或<sup>210</sup>Po的α射线强度的方法来确定。由于<sup>210</sup>Po的半衰期较长(T=133.4d),是较强的α辐射体,可以用电化学置换方法将盐酸溶液中的<sup>210</sup>Po有效地置换出来<sup>[5]</sup>。

## 三、数据处理

本次测量工作包括1:5000<sup>210</sup>Po剖面测量、1:5000土壤热释光剖面测量,三项工作手段同时开展,沿构造整体垂直方向共布设3条70°方位测量采样线,测量点精度采用点距为20m,共测量及采样823个,其中弃点21个。取样层位一般位于土壤的B层(淋积层,一般为25-30cm),少部分位于C层(母质层)的上部。每个取样点取样重量大于1000g,保证过筛后样品大于200g。遇到岩石露头、废石堆、崩积物、河床堆积物、水田、大片房屋等不能取样时,采取弃点处理并在取样记录中注明弃点原因。

本次<sup>210</sup>Po及土壤热释光数据大致服从于正态分布,因此采用算术法对测量数据进行统计,结果发现剖面出露地层两者数据相差不大,以此归为一类分析,见表1。

表1 <sup>210</sup>Po及土壤热释光强度特征参数一览表

数据	极小值	极大值	背景值	标准差	变异系数	异常下限
<sup>210</sup> Po活度 (Bq/kg)	0.1	317	39.40	30.35	0.77	130.45
热释光强度 (μGy)	0.1	174	18.72	18.35	0.98	73.77

统计结果表明,在工作区布置4条剖面的土壤热释光和<sup>210</sup>Po的背景值、标准差均一般。<sup>210</sup>Po活度极值变化0.1~317Bq/kg,异常点为17个,占总测点2%以上;土壤热释光强度变化10.12~2142.93μGy,异常点为26个,占总测点3%以上。较大的变异系数,反映了该地区存在较大的离散性,其分布特征可能与母体铀元素分布密切相关。

## 四、异常解析

### 1.L01-L01' 剖面异常解释

L01-L01'剖面中<sup>210</sup>Po活度最大值为217Bq/kg,去掉高低异常值,<sup>210</sup>Po活度一般在10~157Bq/kg之间。通过对<sup>210</sup>Po的数值统计发现,L01-L01'剖面的异常点主要是在480m~520m之间,从图2可见,异常曲线变化表现为:在380~480m测段,<sup>210</sup>Po活度为低值(46~86Bq/kg),且变化平缓;由西向东,在480m~520m测段,土壤层中的<sup>210</sup>Po活度突然增高,数值达157Bq/kg,超过了异常下限,推测此处异常是由隐伏构造所引起的;该段剖面中土壤热释光强度最大值98.2μGy,同样超过了异常下限。从图可见,异常曲线变化表现为:基本与<sup>210</sup>Po活度异常一致,在380~500m测段,土壤热释光强度变化平缓;由西向东,在500~520m测段,土壤热释光强度急剧增高,呈现幅值为98.2μGy的异常主峰,推测此处异常是由隐伏构造带引起的。

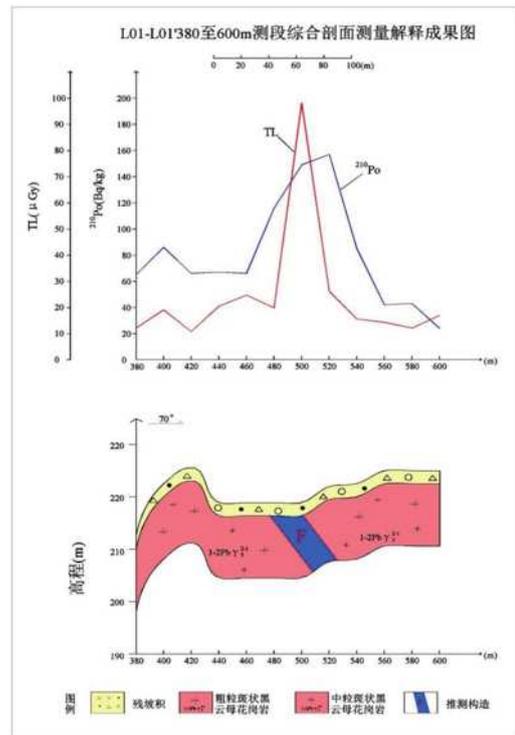


图2 L01-L01'380至600m测段综合剖面测量解释成果图

### 2.L02-L02' 剖面异常解释

L02-L02'剖面中<sup>210</sup>Po活度最大值为161Bq/kg,去掉高低异常值,<sup>210</sup>Po活度一般在12~139Bq/kg之间。通过对<sup>210</sup>Po的数值统计发现,L02-L02'剖面的异常点主要是在1580m~1620m之间,从图3可见,异常曲线变化表现为:在1500~1580m测段,<sup>210</sup>Po活度为低值(34~84Bq/kg),且变化平缓;由西向东,在1580m~1620m测段,土壤层中的<sup>210</sup>Po活度突然增高,数值达139Bq/kg,超过了异常下限,推测此处异常是由隐伏构造所引起的;该段剖面中土壤热释光强度最

大值  $161 \mu\text{Gy}$ , 同样超过了异常下限。从图4可见, 异常曲线变化表现为: 基本与  $^{210}\text{Po}$  活度异常一致, 在  $1500 \sim 1580\text{m}$  测段, 土壤热释光强度变化平缓; 由西向东, 在  $1580\text{m} \sim 1620\text{m}$  测段, 土壤热释光强度急剧增高, 呈现幅值为  $161 \mu\text{Gy}$  的异常主峰, 推测此处异常是由隐伏构造带引起的。

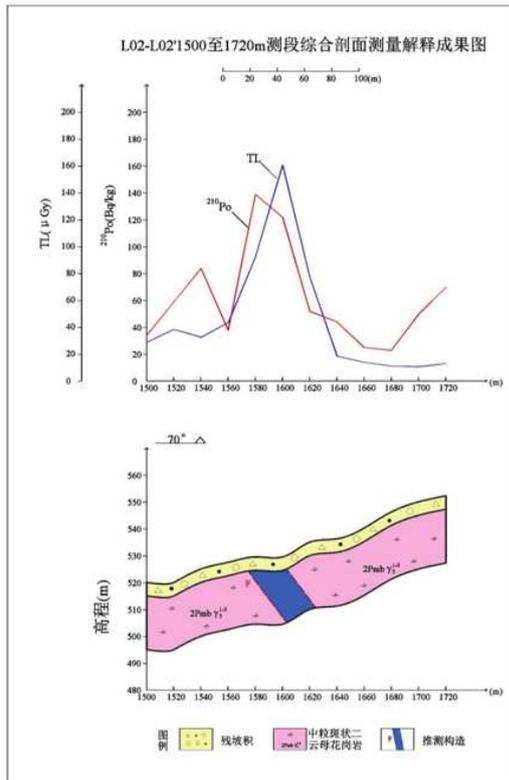


图3 L02-L02'1500至1720m测段综合剖面测量解释成果图

### 3.L03-L03' 剖面异常解释

L03-L03' 剖面中  $^{210}\text{Po}$  活度最大值为  $194\text{Bq/kg}$ , 去掉高低异常值,  $^{210}\text{Po}$  活度一般在  $8 \sim 164\text{Bq/kg}$  之间。通过对  $^{210}\text{Po}$  的数值统计发现, L03-L03' 剖面的异常点主要是在  $3140\text{m} \sim 3180\text{m}$  之间, 从图4可见, 异常曲线变化表现为: 在  $3040\text{m} \sim 3140\text{m}$  测段,  $^{210}\text{Po}$  活度为低值 ( $61 \sim 88\text{Bq/kg}$ ), 且变化平缓; 由西向东, 在  $3140\text{m} \sim 3180\text{m}$  测段, 土壤层中的  $^{210}\text{Po}$  活度突然增高, 数值达  $164\text{Bq/kg}$ , 超过了异常下限, 推测此处异常是由隐伏构造所引起的; 该段剖面中土壤热释光强度最大值  $174 \mu\text{Gy}$ , 同样超过了异常下限。从图4可见, 异常曲线变化表现为: 基本与  $^{210}\text{Po}$  活度异常一致, 在  $3040\text{m} \sim 3140\text{m}$  测段, 土壤热释光强度变化平缓; 由西向东, 在  $3140\text{m} \sim 3180\text{m}$  测段, 土壤热释光强度急剧增高, 呈现幅值为  $174 \mu\text{Gy}$  的异常主峰, 推测此处异常是由隐伏构造带引起的。

### 五、结论

(1) 通过  $^{210}\text{Po}$  测量、土壤热释光测量对比发现, 当

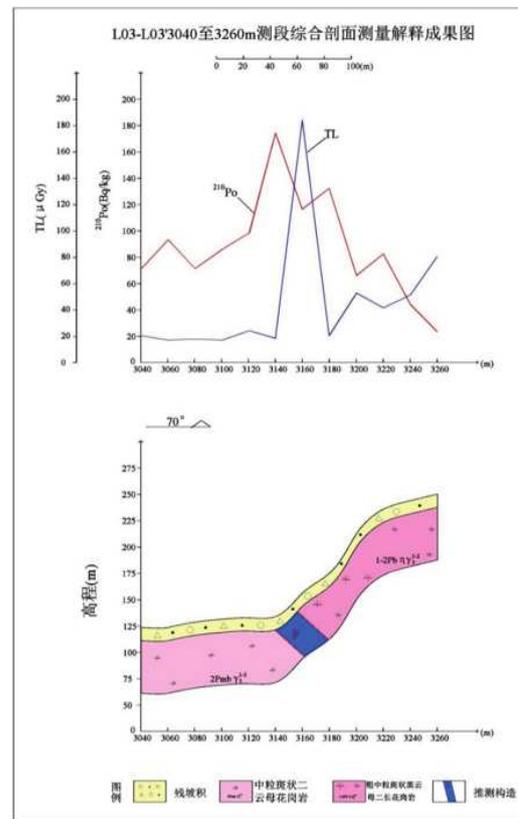


图4 L03-L03'3040至3260m测段综合剖面测量解释成果图

地面浮土较厚时,  $^{210}\text{Po}$  测量、土壤热释光测量技术方法是寻找和发现控矿构造的直接高效的新方法, 可以寻找新的放射性异常点 (带) 和铀矿点 (带), 结合其它放射性找矿技术方法共同提取深部铀成矿信息, 为深部铀成矿预测提供依据, 达到更好的寻找深部隐伏铀矿床的目的。

(2) 当地面浮土较厚时, 可以采用多种放射性物探方法相结合, 比如  $^{210}\text{Po}$  测量、土壤热释光测量、伽玛总量测量、伽玛能谱测量等方法相结合, 可以更好地寻找新的放射性异常点、带和提取深部铀矿化信息, 为深部找矿预测提供更多地质及物探信息。

### 参考文献:

- [1]刘庆成, 杨亚新, 等.土壤天然热释光测量在可地浸砂岩型铀矿找矿中的应用研究[J].铀矿地质.2002.03: 118-123.
- [2]黄展裕.诸广山岩体南部铀成矿特征[J].华南地质与矿产, 2010 (3): 47-50.
- [3]赵希刚, 贺建国, 等, 土壤天然热释光测量在红山地区铀矿找矿中的应用效果[J].世界核地质科学.2008.06: 110-113.
- [4]刘庆成, 邓居智, 万骏, 等.氡及其子体测量与异常解释方法研究[R].抚州: 东华理工大学, 2003.
- [5]吴慧山, 林云飞, 白云生, 等.氡测量方法与应用[M].北京: 原子能出版社, 1995.