

航空放射性伽玛能谱数字图像综合 处理技术在连山关地区的应用研究

刘德长 孙茂荣 徐双 朱德龄 董秀珍

连山关地区处于华北地台东北缘，营口—宽甸台隆与太子河台凹的过渡部位。区内发育一短轴复式背斜，轴向 NWW。背斜核部由红色混合花岗岩（同位素年龄分别有 19 亿年和 23 亿年）和太古界鞍山群的残留体组成，翼部为下元古界辽河群的浅变质岩。沿混合花岗岩体与变质岩的接触带，目前已发现数个铀矿床和一系列异常点带（矿化年龄为 19 亿年士），构成我国一个重要的隐生宙产铀区。

利用 GR-8 0 OD 高灵敏度多道航空伽玛能谱仪在连山关地区测得的数据，通过计算机插值，使数据间距达到 MSS 遥感图像的像元大小（即由 127 x 127m 减小到 79 x 79m），然后经过灰阶转换和数据压缩，输入到图像显示系统进行增强、分解、叠合、复合、分类、提取等处理，并与地质、遥感等资料拟合，形成各类专题图像。在此基础上进行综合地质分析，在连山关地区新发现了一些地质现象和找矿线索，认为深入研究对认识连山关岩体的成矿环境和进一步找矿具有重要意义。

1 利用钍 / 铀、钾 / 钍、铀的提取数据与地质信息的叠合图像研究岩体的划分和构造特征

从提取的特征钍、铀比值与地质信息叠合图（彩图 A）上可明显看出，连山关岩体可分为两部分：西北段呈东西向展布，钍、铀比值很高，几乎集中了全部高场；而东南段呈北西向展布，钍、铀比值却很低。经与同位素年龄数据分布图叠合分析表明，这两部分岩体属不同时代的岩体：前者为吕梁期的岩体（主要与 19 亿年的同位素年龄数据分布区重合）；后者为五台期的岩体（主要与 23 亿年的同位素年龄数据分布区重合）。上述研究不仅表明连山关岩体可能是由不同时代的两个岩体组成，而且可以大致确定不同时代岩体的界线、形态、轴向及放射场的特征等。

为了检验航放数据在连山关地区划分岩体的可行性，提取了钾、钍比的高场叠合在地质图上，发现钾、钍比的高场范围与已知的燕山期岩体的范围相同，大体勾划出了燕山期岩体的轮廓。值得注意的是，在该区的西北部也存在一片钾、钍比值高场区，大致呈半弧形。据地质资料分析，这里出露有花岗岩株，原认为其年龄是吕梁期的，但从钾、钍比值与燕山期花岗岩类似来看，这些小岩株是否有燕山期的，或者深部有大的燕山期岩体，值得进一步研究。

通过对铀影像图的提取，发现在 23 亿年的老岩体周围，有一个铀的偏高场形成的环带（彩图 B），而 19 亿年的岩体及其以东的燕山期岩体周围未见有此类环带存在。进一步研究认为，此环带是铀和钾都偏高的环带（但钍不存在类似的偏高场环带），其形成很可能与 23 亿年的岩体在吕梁期发生构造侵位有关，其理由是 23 亿年的混合花岗岩体协调地发育在 19 亿年形成的连山关背斜褶曲的轴部。显然，它不是以岩浆侵入，而是以固体侵位的形式卷入背斜轴部的。构造侵位的结果使 23 亿年的岩体发生边缘活化，形成构造破碎、碱交代（钾、铀增高）和铀的迁移富集。根据国内外航放测量的经验，大多数已知铀矿床均位于铀的偏高场区内及其边缘。该区的几个已知铀矿床正是位于这一铀的偏高场环带之内。因此，这一环带的发现，为进一步找矿提供了新思路。

2 利用铀、钍、钾及其总量数据与遥感信息的叠合图像研究线状体、环状体和成矿构造格局

从铀、钍、钾及其总量的影像图上可以看到一些线状体和环状体。前者主要表现为灰阶较高（或较低）的色线和不同灰阶区的线状分界线；后者主要表现为灰阶较高（或较低）的圆形体或相间的环带。当然，这里所指的灰阶高低，不是地物波谱，而是地物放射性强度的高低。详细分析发现，线性体在铀的影像图上显示最为清晰，其它影像图上（如钍、钾和总量）则不甚明显。环状体的情况比较复杂，有的在铀的影像图上显示清晰，有的则在钍、钾的影像图上显示清晰，但在铀、钾的总量图上反映出汇集了二者的总貌。为了深入研究这些线状体和环状体，根据需要，对铀、钍、钾及其总量图分别做了比值、定向滤波、拉布拉斯变换、卷积等增强处理，获得了更为理想的效果。同时、对该区的卫星图像进行了计算机增强处理和地质解译，并经过野外检验，得到该区卫星图像构造解译图，共解译的线状构造和环状构造要比航放图像上的线状体和环状体复杂得多。然后，将卫星图像上解译的线状构造和环状构造与航放图像上的线状体和环状体叠加复合可以看到，二者有吻合的，也有不吻合的。吻合者反映了线状构造与环状构造对铀、钍、钾元素的分布有控制作用；不吻合者有两种情况：一种是没有控制作用（卫星图像上有线状构造和环状构造，但无相应的航放线状体和环状体），另一种是控制因素不明（有航放的线状体和环状体，但无相应的卫星图像上的线状构造和环状构造）。

值得特别强调的是，铀的影像图上解译的线状体和环状体与卫星图像上的某些线状构造和环状构造相吻合，反映这些线状体和环状体是铀的成矿断裂和与铀有关的环状构造在铀的影像图上的反映。根据这种相关性，可以从遥感图像上迅速查明与铀成矿有关的线状构造和环状构造。如果经野外检验，这些线状构造和环状构造的确存在，它们则可能成为与铀成矿

有关的构造。

在上述研究工作的基础上，确定了连山关地区铀的成矿构造格局：

(1) 主干格架由分布在连山关岩体南、北两侧的两条 NWW 向大断裂和夹持在共间的一系列 NEE 向断裂组成。

(2) 该区两条规模最大的 NEE 向断裂，将连山关岩体分为东、中、西三个铀场不同的块段。

(3) 线状构造格局还被环状构造复杂化，形成线一块一环相结合的成矿构造模型。

3 利用铀、钍、钾及其比值数据的合成、叠合、复合图像研究找矿靶区和矿床定位的多参数影像模式

近几年国内外研究认为，多个有利的航空伽玛能谱参数叠合区比单纯铀的高场区具有更大的找矿意义。为此，进行了航放数据铀、铀 / 钍、铀 / 钾假彩色合成增强处理，得到了一幅假彩色合成图像，其中呈白色斑点的区域是铀、铀 / 钍、铀 / 钾 3 个有利参数的叠合地区（彩图 C）。可是，图像内呈白色斑点的区域可以是铀、铀 / 钍、铀 / 钾的高场叠合区，也可以是等量场的叠合区。为了获得高场值的叠合区，又分别对铀的影像图、铀钍比的影像图、铀钾比的影像图进行了高场提取，并将其高场叠合，获得了铀、铀 / 钍、铀 / 钾的高场叠合图。其中呈白点的区域为铀、铀 / 钍、铀 / 钾 3 个参数的高场叠合区，3 个已知矿床均位于此区内。另外，还获得了 4 片高场叠合区，其中两片位于前述铀偏高场环带之内。两个参数的高场叠合区，如图像中呈紫色斑点的区域，虽然也可能为有利地区，但只有二级意义。同时采用加权（铀占 40%、铀 / 钍、铀 / 钾各占 30%）叠加复合的方法，获得了铀、铀 / 钍、铀 / 钾的复合图像，并经高值提取，得到的远景区与前述合成叠合方法得到的找矿靶区相同。但将上述方法获得的结果与提取的单纯铀的高场区对比，则不尽相同。如王家堡子点在铀的高场图上并非铀的高场区，但在铀、铀 / 钍、铀 / 钾的复合图上为高值区。相反，258 点在铀的高场图上为一高场区，但在铀、铀 / 钍、铀 / 钾的复合图上并非高值区等。

为了建立连山关地区铀矿床定位的航放数据多参数影像模式，做了铀、钍、钾量的假彩色合成影像图（U、Th、K），铀、钍、钾量的比值合成影像图（U/Th、U/K、Th/K），铀的彩色合成影像图（U、U/Th、U/K），钍的彩色合成影像图（Th、Th/U、Th/K）以及钾的彩色合成影像图（K、K/U、K/Th）。根据这一彩色合成系列图像，对连山关地区已知铀矿床进行了影像特征的综合分析，初步建立了矿床定位的航放数据多参数影像模式（见表），为优选找矿靶区提供了综合标志。在此基础上，与上述叠合和复合方法选出的靶区进行印证，提出连山关岩体的北带，特别是与多参数影像模式符合的地段为值得深入研究的成矿远景地段。

最后，将上述最有利的多参数复合异常叠加在卫星图像（彩图 D）上，作为野外检验的依据。

连山关地区铀矿床定位的多参数影像模式表

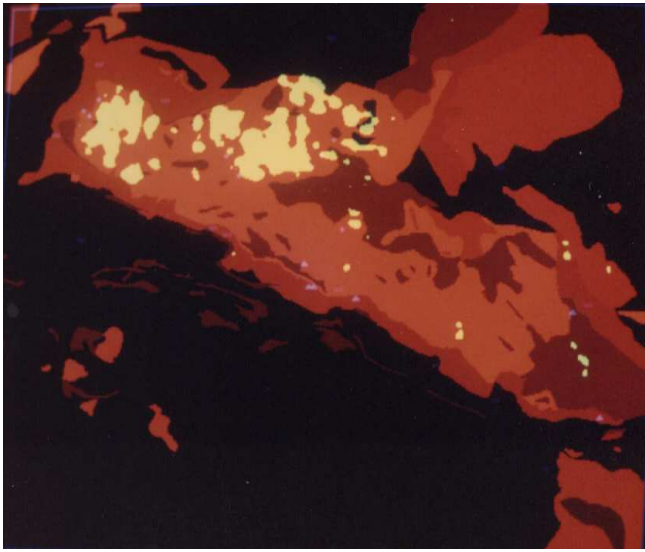
合成影像图	色 调	形 状	矿床实例
U、Th、K	白色、浅橙色、朱红色	点 状	3 个已知矿床
U/Th、U/K、Th/K	白色	点 状	
U、U/Th、U/K	白色	点 状	
Th、Th/U、Th/K	深红色	点 状	
K、K/U、K/Th	玫瑰红色	点 状	

经过野外检验，在这个找矿和研究程度都较高的地区，新发现了 4 条具有一定规模的控矿—含矿（既控矿又含矿）构造带。构造带具多期次活动的特点，成矿期热液脉体（如红色硅质脉、黑色玉髓脉、黑色黄铁矿细脉等）发育，并见有强烈的近矿围岩蚀变（如碱交代、硅化、红化等），以及原生和次生铀矿物和高的铀矿化现象。这些现象表明，用上述方法优选出的找矿靶区的确是值得深入工作的成矿有利地段。

通过以上研究可以看出，利用图像处理系统处理航放数据，比起传统的处理方法具有直观、灵活、突出细节等优点，从而易于发掘航放数据的潜在信息。航放数据属非遥感信息，采用数字图像处理系统进行深入研究，不仅会对多道航空伽玛能谱数据的二次开发和应用开拓出新的前景，而且会促进多源地学信息数字图像综合处理技术的深入发展。

参考文献

1. 冯维恒，冯运. 可地浸砂岩型铀矿床伽玛能谱勘察方法的新进展. 铀矿地质，2000，16（1）：46-51
2. 高淑惠，王建军，谢允忠，等. 遥感地学信息的增强和提取方法的研究. 科研成果报告. 核工业遥感地质信息中心，1993
3. 陈永清，刘红光. 初论地质异常数字找矿模型. 地球科学，2001，26（2）：129-134
4. 李湘莲，苏信初. 多源地学信息图像处理在矿产资源预测和评价中的应用. 遥感信息，1993，（4）：12-15
5. Donald Saunders. 地面和航空放射性钍归一化数据与地下油藏的关系. 世界地质，1994，13（4）112-116



彩图 A 钍/铀比值高场与地质图叠合图

(鲜红色为连山关岩体部分;黄色为钍/铀高场)



彩图 B 铀偏高场环带影像图



彩图 C 铀、铀/钍、铀/钾假彩色合成影像图



彩图 D 多参数复合异常与卫星影像叠合图

(斑点为异常区;底图为卫星影像)