

二连盆地巴彦乌拉铀矿航空弱铀微磁组合异常识别及其成因模式

张翔^{1,2,3)}, 杨玉勤^{1,2,3)}, 石连成^{1,2,3)}, 韩鹏辉^{1,2,3)}, 牛家骥^{1,2,3)}

1) 核工业航测遥感中心, 石家庄, 050002;

2) 中核集团铀资源地球物理勘查技术中心(重点实验室), 石家庄, 050002;

3) 河北省航空探测与遥感技术重点实验室, 石家庄, 050002

关键词: 航空弱铀微磁组合异常; 成因模式; 巴彦乌拉铀矿; 二连盆地

二连盆地因其独特的“同盆多类型”铀成矿特点, 一直是铀矿勘查与科研的热点盆地, 巴彦乌拉铀矿为盆内最为典型的古河道砂岩型铀矿床, 围绕沉积体系及充填特征、盆地结构、成矿模式、烃类流体与铀成矿关系、综合物化探找矿等方面积累了大量研究成果(聂逢君等, 2015), 但在矿体尺度上对其利用航放航磁技术开展信息识别的研究报道尚为空白。已有研究表明, 隐伏砂岩型铀矿可引起微弱航放航磁异常(江民忠等, 2006, 2007), 高精度测量能够探测这种微弱信息。因此, 通过在矿体尺度下研究这类微弱信息识别方法及成因模式, 可有效提升传统航放航磁技术在砂岩型铀矿勘查中的应用效果。

1 航空弱铀微磁组合异常识别

通过对比主矿体上方航放铀含量、航磁化极 ΔT 特征发现(图1), 以勘探线段平均铀含量 $1.10 \mu\text{g/g}$ 为背景值, 顶面埋深约115 m的矿体上方铀含量出现 $(0.60\sim 1.00) \mu\text{g/g}$ 低幅增高显示。同时, 以40 nT为背景值, 矿体上方呈幅值 $(10\sim 15) \text{nT}$ 微弱异常, 但不易识别。为进一步识别这类组合信息, 分别计算了古铀(Gu)、活性铀(Hu)、地球化学活动性指数(TF)、航磁化极 ΔT 水平方向导数(0° 、 45° 、 90°)等六种转换参量。其中, 古铀(Gu)为测点实测钍含量与该点所处地质单元钍铀比的比值, 由于钍不易迁移, 该参量通常间接反映了成岩状态下

的原始铀含量; 活性铀(Hu)为测点与实测铀含量的差值, 当 $Hu < 0$ 时, 代表铀迁入, 反之代表铀的迁出; 地球化学活动性指数(TF)为测点的铀钍比与钾钍比的乘积, 利用铀、钾易于迁移而钍稳定的特点, 高值区带可表征地球化学环境变化明显, 对指示氧化还原过渡带位置有一定作用; 航磁化极 ΔT 水平方向导数可以有效压制区域背景, 用以突出垂直求导方向的磁场变化(即为突出 0° 方向磁场变化, 一般求取 90° 方向导数)。

进一步对比发现, 主矿体上方古铀含量为偏低背景, 活性铀含量为明显负值, 表明矿体地段沉积岩层铀后生迁入作用显著, 地球化学活动性指数背景场曲线变化更为稳定, 背景值在 0.06×10^{-4} , 矿体上方出现 0.15×10^{-4} 突出峰型, 反映出该段发育氧化还原环境强烈变异带, 而旁侧无矿孔不具有以上特征。由分析航磁化极 ΔT 水平方向导数由 90° 向 0° 方向变化过程中发现, 矿体上方导数绝对值依次为 0.90 nT/m 、 0.45 nT/m 、 0.25 nT/m , 呈减小趋势, 而旁侧无矿孔上方导数绝对值呈无规律变化。沿勘探线自北向南依次发育氧化带、氧化还原带、还原带, 氧化还原带附近由于地球化学环境变化导致磁性矿物含量变化, 从而引起磁场的微弱变化, 由此推论在越垂直氧化还原带走向方向磁场梯度应具有越大变化量, 与走向方向越接近, 磁场梯度变化量越小, 即由 90° 到 0° 方向导数绝对值应越小, 这与方向导数实际变化趋势吻合, 可作为识别矿体上方是否存在航磁微磁异常的判别依据。综上, 航放航磁弱铀微磁组合异常主要识别标志为: ①铀含量

注: 本文为中国核工业地质局“内蒙古二连浩特地区1:5万航空物探调查”项目(编号201811-1)的成果。

收稿日期: 2021-03-10; 改回日期: 2021-04-10; 责任编辑: 章雨旭。Doi: 10.16509/j.georeview.2021.s1.077

作者简介: 张翔, 男, 1986年生, 硕士, 高级工程师, 应用地球物理专业; Email: zhangxiang19860626@163.com。

曲线存在幅值一般在 (0.6~1.0) $\mu\text{g/g}$ 低幅升高; ② ΔT 曲线出现叠加于平稳背景上的低幅异常; ③古铀含量曲线一般为背景值, 活性铀含量曲线出现明显低值; ④地球化学活动性指数出现高于两倍背景值的高值带; ⑤ ΔT 水平方向导数越垂直氧化还原带走向应具有越大变化量。

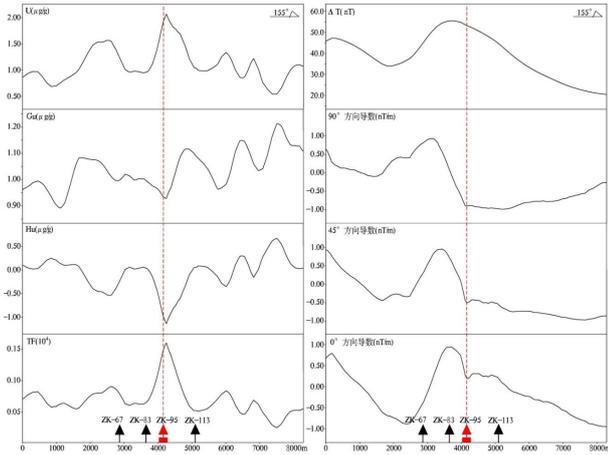


图 1 巴彦乌拉主矿体上方航放航磁弱铀微磁组合异常特征综合对比

图中红色矩形表示矿段水平投影范围, 红色三角形表示工业孔, 黑色三角形表示无矿孔。

2 成因模式探讨

基于前人及本文研究结果, 建立了巴彦乌拉铀矿航空弱铀微磁组合异常成因模式 (图 2)。巴彦乌拉铀矿床为典型“卷状”矿床, 成矿期含铀含氧流体主要受层间氧化作用控制顺层侧向补给, 在氧化还原带卸载成矿, 由于地表土壤地化环境显著变化导致铁磁性矿物相对富集, 从而引起航磁微磁异常。同时, 深部地气流上升过程中经过隐伏矿体, 以各种营力作用为动力, 将铀矿体和其原生晕中的纳米级活性铀经上覆沉积层中高渗透带或裂隙微通道迁移至地表 (即接力传递), 形成地表活性铀二次富集。当聚集量达到一定程度后, 其衰变产生的 γ 射线引起航放弱铀异常。另值得探讨的是, 江民忠等提出的航放弱铀异常成因模式强调了地气流迁移方向为垂向, 而对于卷状矿体, 卷头和卷尾上方渗透带或裂隙微通道方向并非完全垂直于矿体, 加之两者迁出的活性铀含量可能会有一定差异, 会导致地表二次富集活性铀晕位置与矿体位置出现偏移情况。虽受航放测量点距 (一般为 60~70 m)、飞行高度 (一般为 100~120 m) 及晶体

分辨能力限制, 不能区别出这种微小差异, 但完全可以探测出一定埋深下砂岩型铀矿弱铀异常, 进而为砂岩型铀矿“攻深找盲”提供重要信息。

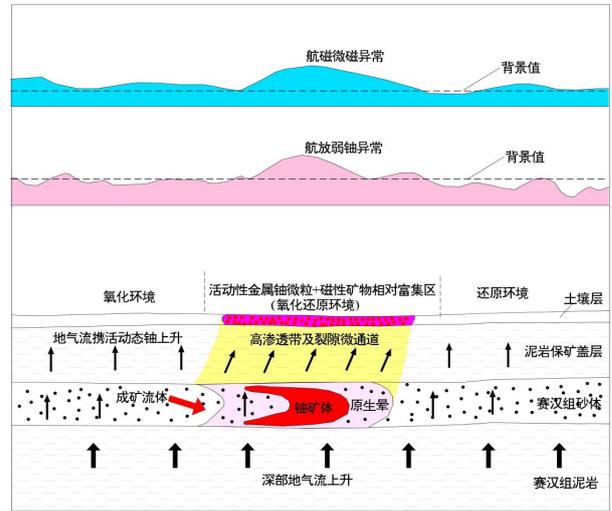


图 2 巴彦乌拉铀矿航空弱铀微磁组合异常成因模式

3 结论

巴彦乌拉铀矿床上方存在航空弱铀微磁组合异常, 建立了该类组合异常成因模式: 地气流携带铀矿体及其原生晕中的活性金属铀微粒迁移至地表形成二次富集, 引起弱铀异常, 同时地表土壤地化环境显著变化引起航磁微磁异常。高精度航放航磁可以探测这类组合异常, 采用航放古铀、活性铀、地球化学活动性指数及航磁水平方向求导等组合方法可对其进行有效识别。

参 考 文 献 / References

- 江民忠, 张积运, 石岩, 管少斌, 周宗杰. 2006. 可地浸砂岩型铀矿床航放弱铀异常研究及其找矿意义. 铀矿地质, 22(1): 38~43.
- 江民忠, 张积运, 石岩, 李名松, 王怀武, 谢迎春. 2007. 微航磁异常与可地浸砂岩型铀矿. 铀矿地质, 23(5): 298~304.
- 聂逢君, 李满根, 邓居智, 严兆彬, 张成勇, 姜美珠, 杨建新, 旷文战, 康世虎, 申科峰. 2015. 内蒙古二连裂谷盆地“同盆多类型”铀矿床组合与找矿方向. 矿床地质, 34(4): 711~729.

ZHANG Xiang, YANG Yuqin, SHI Liancheng, HAN Penghui, NIU Jiaji: Weak aeromagnetic and aeroradiometric uranium anomaly recognizing and genetic model in Bayanwula uranium ore deposit of Erlian Basin

Keywords: weak aeromagnetic and aeroradiometric uranium anomaly; genetic model; Bayanwula uranium ore deposit; Erlian Basin