

土壤磁性与可地浸砂岩型铀矿关系初探

方根显, 龚育龄, 刘庆成

(东华理工学院 探测与信息技术系, 江西 抚州 344000)

摘要: 在内蒙东胜工区进行土壤的磁性调查, 研究土壤磁性与铀矿的关系, 结果表明土壤磁异常与铀矿有相当的相关性。利用土壤磁化率和次生剩磁能较好地确定铀矿化带的位置的土壤磁性勘探方法, 对铀矿找矿工作具有较大的指导意义。

关键词: 土壤磁性; 铀矿; 相关关系

中图分类号: P631.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2004)05-0421-04

土壤磁性的研究始于 20 世纪 50 年代。由于土壤和沉积物记载的磁信息可揭示沉积物的来源、环境的变化, 以及在古气候和矿产勘探等领域的应用, 使土壤和沉积物的磁性研究日益受到人们的重视。土壤磁性研究对解决成环境问题或直接找矿具有重要的理论研究和实际应用意义。80 年代以来, 石油领域应用该技术寻找油气藏, 预测含油气地区的边界取得了较大的突破, 初步认识了油气藏上方地表土壤磁性异常与油气藏的关系^[1,2]。但是到目前为止, 尚无有关土壤磁性与可地浸砂岩型铀矿关系的研究报道。本项课题目标是通过土壤磁性参数(磁化率、天然磁性、原生磁性、次生剩磁)测量, 研究找矿区可地浸砂岩型铀矿上方土壤磁性异常与铀矿的关系。确定该地区铀矿成矿的相对有利地段, 为同类地区寻找可地浸砂岩型铀矿提供找矿依据。

1 理论基础

土壤磁性来源于土壤中的铁磁性矿物。铁元素在氧化还原环境中其稳定的形式不同, 当原有的氧化还原环境发生改变时, 铁元素的价态也发生相应的变化(在还原环境中以 Fe^{2+} 存在, 在氧化环境中则以 Fe^{3+} 存在), 即铁元素在氧化还原环境的响应下发生变化。由于可地浸砂岩型铀矿存在受物理化学条件的制约, 在其周围生成氧化带、过渡带、还原带(图 1)^[3,4]。

根据文献资料, 含矿岩石主要组分为 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 和 FeO 等。按其所处位置和氧化程度

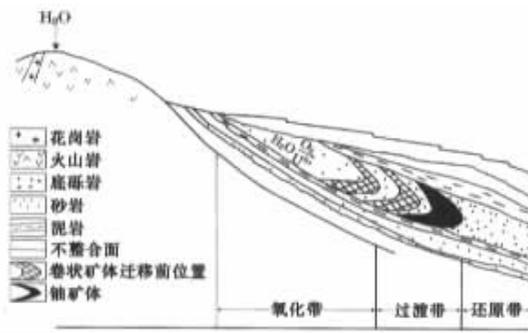


图 1 层间氧化带砂岩型铀矿床成因模式

作为分带标准可得以下结果: ①氧化带、过渡带和还原带中, SiO_2 和 FeO 含量在过渡带最高; 而 Fe_2O_3 在氧化带最高, 还原带最低, 过渡带其平均值低于还原带。② Al_2O_3 、 TiO_2 平均含量在过渡带最低, 氧化带次之, 还原带最高。③ MnO 、 CaO 、 K_2O 、 Na_2O 和 P_2O_5 从氧化带至还原带平均含量递减; 而 MgO 平均含量总体上从氧化带至还原带递减。④硫化物平均含量在过渡带最高, 氧化带最低, 而还原带高于还原带。表明黄铁矿等硫化物的后生还原作用在过渡带表现最强烈, 往还原带方向逐渐减弱。

处在氧化带中的土壤会产生二价态的铁蚀变为三价态的铁, 而在还原带中的土壤会发生三价态的铁蚀变为二价态的铁现象。这种由于氧化还原条件的变化引起的磁性变化我们把它叫做重磁化, 土壤的蚀变过程也是土壤的重磁化过程。这种土壤的重磁化为土壤磁性勘探方法提供了地球物理前提。

由于铀矿化带及其渗透空间氧化还原体系的变化和影响, 在其上方地表形成特定的物理化学条件,

使土壤矿物磁性发生变化,所以土壤的磁性中包含着与铀矿化相关的“磁信息”。

2 方法技术

2.1 野外土壤样品的采集

以内蒙东胜地区为例,为确保采样条件的一致性,在正式开展野外测量之前,进行了采样深度试验,确定采样深度为50~100 cm。采样层位没有受到过人为的翻动,地表局部水文干扰较弱。用非磁性采样工具进行定向采样,选用直径为25 mm,高为22 mm的圆柱状非磁性容器盛样,并固定保存于容器中。采样时除做编号记录以外,还对测点周围的地质条件与土壤性质,即采样点的坐标、地点、采样层位、土壤类型、土壤组分、土壤颜色、土壤结构、植物根系发育情况、干扰信息等做较详尽的描述。

2.2 样品磁性参数测量

由于每个样品所获得磁性参数多,而每个参数的物理意义不同,但它们有一定的关系,多参数的综合利用,可以减少对磁性异常解释的多解性。磁化率测量采用HKB-1磁化率仪测定土样的磁化率,测量误差为3.0%。剩磁测量采用0.1 T交变磁场下的磁清洗方法,在室内用磁通门式数字旋转式DSM-2型磁力仪做剩磁测量。测量误差4.0%。此次除测定磁化率(κ)参数外,还进行了天然剩磁(M_n)、原生剩磁(M_r)、次生剩磁 M'_r 、磁倾角(I)、磁偏角(D)测定。所有岩样的磁参数测量都有中国地质大学古地磁实验室进行。

2.3 磁性数据的预处理

因为磁化率、剩磁等磁性数据与样品的体积和质量大小有关,因此对测量的磁性参数进行了必要的预处理,它们所有测试结果分别换算成每kg和每kg/m³的量值,以使样品间的磁性数据便于对比,避免虚假磁异常产生。

2.3.1 磁化率退磁校正

由于实际测量的磁化率为视磁化率,理论上说,它除了与样品的磁性有关以外,还与样品的体积、质量等因素有关,不能代表样品的磁性特征,所以按

$$\kappa = \kappa' / (1 - \frac{4}{3} \pi \kappa') \quad (1)$$

进行退磁校正。式中: κ 为样品真磁化率; κ' 样品视磁化率。

2.3.2 磁化率质量校正

由于本次取样采用同一尺寸的规格化样品盒盛装土样,而在采集时对样品的压实程度可能存在着

差异,致使质量不同,故对样品进行质量校正是必要的。样品的质量校正按

$$M_r(m) = M_r / m, \quad (2)$$

$$\kappa(m) = 4\pi \times \kappa / m \quad (3)$$

进行,式中: $M_r(m)$ 为经质量校正后的剩磁; $\kappa(m)$ 为经质量校正后的磁化率; M_r 为实测剩磁; m 为样品质量。

2.3.3 次生剩磁的求取

将天然剩磁减去原生剩磁,即 $M'_r = M_n - M_r$,获得次生剩磁。它包含了成岩后期地磁场或外部磁场作用下形成的等温剩磁、化学剩磁或粘滞剩磁等。

3 磁性数据的统计分析

对磁性数据进行统计分析,旨在了解每种磁性参数的统计分布特征、磁性参数间的相互关系,以便研究其地质意义,是空间分析的基础。

3.1 统计特征值

磁化率:全区土样磁化率值为(63.35~1676.96) $\times 10^{-6}$ SI/kg,平均为863.96 $\times 10^{-6}$ SI/kg,标准偏差为217.72。磁化率普遍大于 $n \times 10^{-6}$ SI/kg,表明土壤有微弱的磁性。

剩磁:天然剩磁变化范围为(11.60~2467.12) $\times 10^{-7}$ A \cdot m²/kg,平均为414.40 $\times 10^{-7}$ A \cdot m²/kg;原生剩磁变化范围为(74.68~3118.28) $\times 10^{-7}$ A \cdot m²/kg、平均为664.17 A \cdot m²/kg。次生剩磁变化范围-2725.17~890.26 A \cdot m²/kg,平均-62.47 A \cdot m²/kg。由于原生剩磁强度在数值上大于天然剩磁,所以次生剩磁出现大量负值,不难看出,土壤中所含的铁磁性矿物磁化方向各不相同,这与室内施加不同的交变磁场进行“磁清洗”过程中,磁倾角的测量结果是一致的。

次生剩磁以负为主,且变化范围较大,表明该区土壤后期经历了与氧化—还原环境相关、较强的重磁化。理论上说,土壤的重磁化过程与土壤矿物的相变过程相伴随。

天然剩磁的磁倾角是判别土壤重磁化的标志之一。东胜(华北地区)第四系正常的原生剩磁的磁倾角约为55°,而统计结果显示,该区磁倾角范围为70.10°~82.90°,这进一步说明该区土壤经历了重磁化,而这种重磁化极有可能与第四系土壤中磁性矿物在氧化—还原作用下的相变有关。

3.2 相关分析

相关分析表明(表1),测区 M_n 、 M_r 与 M'_r 的相关性相对较好。 M_n 与 M'_r 、 M_r 与 M'_r 相关系数分

别为 0.49 和 -0.70, 而 M_n 与 I 相关性仅为 -0.09。 κ 与各参数之间也有一定的相关程度。 总体上说, M_n 、 M'_r 与其它参数的相关性相对较高。 其它测线磁参数相关特征也符合上述规律。

表 1 土壤磁性参数之间的相关系数

磁参数	κ	M_n	M_r	M'_r	I
κ	1	0.11	0.30	-0.19	-0.31
M_n		1	0.22	0.49	-0.09
M_r			1	-0.70	0.22
M'_r				1	-0.27
I					1

3.3 质量评价

对 8 个采样点重复取样的测量结果进行对比, 计算出均方误差为

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (S_i - S'_i)^2}{2N}} = 3.5\%$$

式中: S_i 为原始样品测量数据; S'_i 为重复取样测量数据; N 为检查点数。 可见, 均方误差较小, 磁参数的测量结果是可靠的。

4 土壤磁异常特征分析

4.1 磁化率异常特征

在 143 测线上, 磁化率值北高南低, 两端呈锯齿状。 南段磁化率值普遍小于平均值 863.96×10^{-6} SI/kg, 低值异常区位于测线 250~500 m 段, 极小值可达 93.58×10^{-6} SI/kg; 测线中段 750~1 250 m 处, 曲线变化相对平缓, 磁化率值接近均值; 北段各测点上的磁化率均大于平均值, 极大值距测线起点 1 500 m, 为 $1 525.74 \times 10^{-6}$ SI/kg。

4.2 土壤天然剩磁异常特征

143 线磁异常剖面曲线为“山”字形。 中部 750~1 250 m 之间接近均值 552.45×10^{-7} A·m²/kg, 且变化幅度较小; 700 m 和 1 750 m 处有极小点; 测线两端磁性较强。 与土壤磁化率一样, 全区土壤天然磁性变化特点是南北向起伏, 由东向西逐渐增大。 但异常曲线总体变化规律不明显。

4.3 次生剩磁异常特征

本次研究仅进行了 143、159 测线的次生剩磁测量。 由图 2 可见, 土壤的次生剩磁变化相对平稳。 在 143 线南段 300~750 m 之间变化幅度较大, 有较明显的负异常, 异常宽度约 350 m。 其它部位均接近平均值。

159 线与 143 线次生剩磁异常特征相似。 不同的是 159 线的磁异常位置比 143 线向北偏移了大约

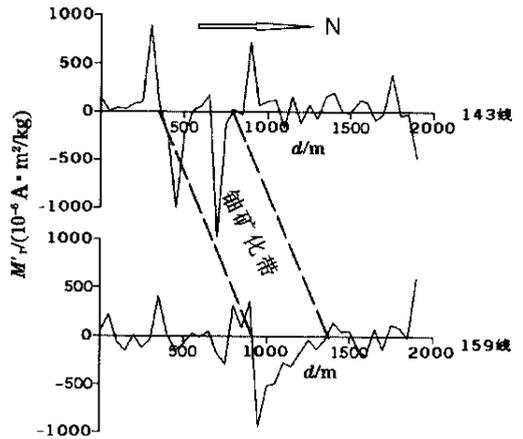


图 2 土壤次生剩磁剖面平面 550 m, 和磁化率低值异常的位置基本相符。

5 推断解释

参照钻孔资料及前人研究的成果, 并与已知地质剖面对比, 我们可根据土壤磁参数异常特征, 对研究区铀矿化带进行推断解释, 图 3 所示, 对应次生剩磁负异常为铀矿化带, 159 线也有类似的反应。

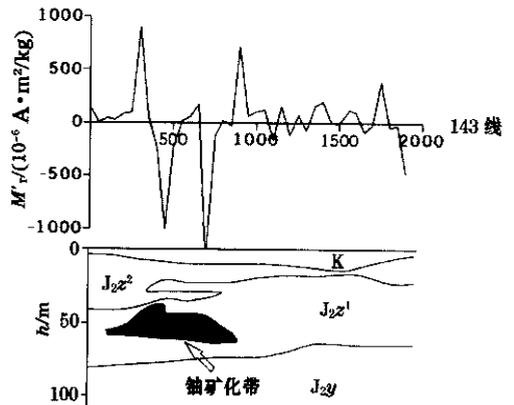


图 3 土壤次生剩磁异常推断解释

6 结论

研究区铀矿化带大致位于 143 线 250~550 m 段、159 线 500~750 m 段, 带宽 175~350 m, 平均宽度约 268 m, SWW—NE 方向延伸。

多种磁参数综合分析表明, 该区土壤磁化率、次生剩磁异常与铀矿化带有较好的对应关系。 铀矿化带上方土壤磁化率偏低, 次生剩磁表现为明显的负值异常。 利用土壤磁化率和次生剩磁能较好地确定铀矿化带的位置, 而土壤天然剩磁、原生剩磁与铀矿化带的对应关系明显。

土壤磁性勘探方法勘探深度大、投资低廉、野外工作简单、快捷, 是一种无源和非破坏性的勘探手

段。作为一种新的找矿手段,其方法原理和特点比较符合我国北方地区寻找可地浸砂岩型铀矿的要求,可为寻找或研究可地浸砂岩型铀矿床提供一种新的思路,尤其是在地表找矿标志不多的情况下,开展土壤磁性勘探方法,对铀矿找矿工作具有较大的意义。此方法可为同类地区寻找可地浸砂岩型铀矿床提供参考。

由于科研经费有限,此次没有做土壤化学成分的分析研究。对于氧化—还原环境与土壤磁性的相关关系有待进一步研究。

参考文献:

[1] 刘庆生. 塔北雅克拉地区油气藏上方“烟筒效应”的磁学与矿物学证据[J]. 地球科学, 1996.
 [2] 郭友钊, 余饮范, 谭承泽. 土壤磁性在石油天然气早期勘探中的应用[M]. 石油勘探, 1995.
 [3] 秦明宽. 新疆伊犁盆地南缘可地浸层间氧化带型砂岩铀矿床成因及定位模式[D]. 北京: 核工业北京地质研究院, 1997.
 [4] 向伟东. 吐哈盆地南部层间氧化带型砂岩铀矿成矿条件与成矿规律[D]. 北京: 核工业北京地质研究院, 1999.
 [5] 赵希刚. 综合物化探方法勘探层间氧化带砂岩型铀矿[J]. 物探与化探, 2000, 25(1): 14-21.

THE RELATIONSHIP BETWEEN SOIL MAGNETISM AND URANIUM DEPOSITS

Fang Gen-xian, Gong Yu-ling, Liu Qingcheng

(Department of Exploration and Information, East China Institute of Technology, Fuzhou 344000, China)

Abstract: The authors have studied the relationship between soil magnetism and uranium deposits in eastern Inner Mongolia. The results show that the soil magnetic anomalies can be used to locate uranium deposits. Therefore, such anomalies can serve as a direct indicator in uranium exploration.

Key words: soil magnetism; uranium deposit; correlation

作者简介: 方根显, 副教授, 1989年毕业于长春地质学院应用地球物理专业, 一直在华东地质学院从事地球物理勘探的教学, 研究工作。



上接 420 页

**CHARACTERISTICS OF GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL ANOMALIES
 IN THE WUNUGETUSHAN COPPER DEPOSIT
 AND ORE PROSPECTING WORK ON THE OUTSKIRTS**

HUANG Li-jun, LIU Rui-de, LU Gui-fu, ZOU Chang-yi

(Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, China)

Abstract: The Deerbugan metallogenic belt, a key area in search for copper polymetallic and noble metallic deposits, has great potential in mineral resources. Nevertheless, no great breakthrough has yet been made in ore prospecting work within this ore belt except for the discovery of the superlarge Wunugetushan porphyry Cu-Mo deposit. Based on characteristics of geophysical and geochemical anomalies of the Wunugetushan porphyry Cu-Mo deposit, this paper discusses the ore-prospecting work on its outskirts and, on such a basis, deals with the further ore exploration work in the nonferrous metallic ore province.

Key words: airborne electromagnetic anomaly; integrated geophysical and geochemical exploration; anomaly inspection

作者简介: 黄力军(1954—), 男, 1982年毕业于长春地质学院, 获中国地质大学(北京)硕士学位, 教授级高级工程师, 主要从事电磁法勘探研究和生产工作。