

鄂尔多斯西北部煤系地层铀矿异常点的测井资料研究

李德海¹, 赵雪阳², 宁智源¹, 刘勇¹, 叶天彬¹, 赵发展³

¹中国石油集团测井有限公司新疆分公司, 新疆 克拉玛依

²西南油气田华油集团华天兴能燃气公司, 四川 成都

³神华集团神华地质勘查有限责任公司, 北京

收稿日期: 2022年3月1日; 录用日期: 2022年6月8日; 发布日期: 2022年6月17日

摘要

鄂尔多斯煤田钻井过程中进行了自然伽马和伽马能谱测井, 发现许多放射性异常点, 有些钻孔铀的含量超过了地浸砂岩型铀矿的工业品位, 本文通过对鄂尔多斯煤田地浸砂岩型铀矿进行褶积处理和定量解释, 对该区异常点进行了评价, 并进行分级。

关键词

地球物理测井, 伽马能谱测井, 地浸砂岩型铀矿, 伽马异常点, 卷积处理

Well-Logging Data Research of Uranium Mine Outlier in Coal Stratum in the Northwestward of Ordos Basin

Dehai Li¹, Xueyang Zhao², Zhiyuan Ning¹, Yong Liu¹, Tianbin Ye¹, Fazhan Zhao³

¹Xinjiang Branch Co., China Petroleum Group Well-Logging Co., Ltd., Karamay Xinjiang

²Huatian Xingneng Gas Company, PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company, Chengdu Sichuan

³Shenhua Geological Exploration Co., Ltd., Shenhua Group, Beijing

Received: Mar. 1st, 2022; accepted: Jun. 8th, 2022; published: Jun. 17th, 2022

Abstract

Natural Gamma and natural spectrum gamma well-logging was used in coal mine exploration of drilling in Erdos area, finding many natural gamma anomalies point, content of uranium exceed industrial grade of leaching sandstone type uranium deposits in drilling hole, faltung integral processing and quantitative interpretation is in paper for well-logging data, then making a eva-

文章引用: 李德海, 赵雪阳, 宁智源, 刘勇, 叶天彬, 赵发展. 鄂尔多斯西北部煤系地层铀矿异常点的测井资料研究[J]. 石油天然气学报, 2022, 44(2): 135-142. DOI: 10.12677/jogt.2022.442017

luating for gamma anomalies point and classify and grade.

Keywords

Geophysical Well-Logging, Natural Spectrum Gamma, Leaching Sandstone Type Uranium Deposits, Gamma Anomalies Point, Faltung Integral Processing

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 鄂尔多斯铀矿特点

鄂尔多斯西北部煤系地层测井中, 发现了一部分高放射性异常区, 通过对以往的测井和地质资料研究分析, 这里存在着一定量的放射性异常区域。

鄂尔多斯盆地含铀为砂岩型铀矿, 砂岩型铀矿系指产于砂岩、砂页岩等碎屑岩中的外生后成铀矿床, 以分布广、矿石品位较低、中小规模为主, 且易开采冶炼等特点著称。砂岩型铀矿是世界最早发现的铀矿类型之一, 也是世界上分布最广的铀矿床类型。

鄂尔多斯含铀岩系, 位于中侏罗系直罗组, 中直罗统延安组是区内主要的含煤层系, 基岩主要为一套中生代沉积地层, 自下而上为三叠系延长组(T_{3y})、中侏罗统延安组(J_{2y})和直罗组(J_{2z}), 下白垩统志丹群(K_{1z}), 区内无岩浆热液活动。中侏罗统直罗组可划分为上段(J_{2z}^2)和下段(J_{2z}^1), 直罗组上段岩性主要为灰绿色、黄色, 紫红色泥岩, 粉砂岩以及泥质粉砂岩, 中间夹薄层砂岩; 下段岩性主要为灰色, 灰绿色中粗粒砂岩, 在露头上可见黄色砂岩。常见炭化植物碎屑和黄铁矿, 偶见油斑, 根据其韵律特征进一步划分直罗组上亚段与下亚段, 该区域东胜铀矿床在铀成矿地质背景方面基本相似[1]。

2. 铀矿成矿的地质作用

2.1. 有机质对铀的吸附作用

对矿床铀矿石研究结果表明, 矿石中的铀主要以分散吸附态存在, 并且矿石中主要吸附剂为有机质。矿床的形成中有机质吸附铀起了重要作用的原因有可能是:

1) 过渡带中含有大量的有机质, 并且煤系地层中含有大量有机质。除煤层以外, 赋存在泥岩、砂岩和砾岩中的炭屑和分散有机质均十分丰富, 在后生层间氧化条件下它们是形成大量有机酸的物质。

2) 本区含铀矿岩中有机质类型处于未成熟或低变质阶段, 这种有机质孔隙度高, 比表面积大, 活性大, 表面上常有 OH、COOH、CO、NH₂ 等活性官能团[2]。具有特别大的吸附和吸收能力, 且本身也容易朝腐殖酸方向转化。

2.2. 有机质对铀的还原作用

鄂尔多斯西北部含铀矿石中的铀主要以铀矿物和分散吸附状态存在, 铀矿中的 U^{6+} 被还原为 U^{4+} 的结果。有机质吸附沉淀铀, 一般不能形成铀矿物。但是, 在有机质的还原作用下则可形成四价铀矿物。

3. 定量伽马测井

3.1. 定量伽马测井和自然伽马测井

在地球物理测井中, 自然伽马测井主要用于划分岩性, 结合密度、电阻率进行地层对比, 计算泥质

含量,在煤层解释中确定煤层厚度,计算煤层的灰分等。而定量伽马测井主要应用于与核工业相关的铀矿勘探,储量计算等。在煤田测井,油气田测井中经常会遇到铀矿储层,然后,铀矿勘查应用的是定量伽马测井[3],用于获取铀矿品位,厚度和深度等信息,但是煤和油气勘探应用的是自然伽马测井,用于开展油气生油岩评价和沉积环境的评价等,自然伽马的单位为API,定量自然伽马的单位为nc/kg·h(纳库每千克每小时),两者无法直接进行比较,但是这两个单位之间有一定的关系,通过油田或煤田钻孔自然伽马测井和定量伽马测井数据回归分析,就可确定定量伽马、铀矿的品位、平米铀量等参数之间的关系,研究成果可以作为煤田勘探、油气勘探的钻孔数据开展铀资源评价有用的数据[3]。

对塔然高勒28个钻孔进行了放射性测井,根据测井数据,发现17个钻孔达到异常范围,并进行了专门的伽马测井,放射性异常深度在434.10~696.84 m范围内,平均深度537.53 m,厚度为0.36~2.41 m之间,平均厚0.84 m;大部分钻孔异常段分2~3段,岩性以粗砂岩、含砾粗砂岩为主;异常值在870CPS~6300CPS范围内,平均2666 CPS。

把分析的定量伽马和自然伽马值按照深度对应好,进行拟合,其曲线为直线,该直线的斜率为转换系数,然后就可讲自然伽马转化为定量伽马测井,以适应铀矿测井评价。

3.2. 样品化验成果及评价

针对各钻孔测井异常段进行了采样化验,经对样品的数据统计,西一盘区内,铀(U)的含量在0.84~285 $\times 10^{-6}$ 范围内,平均 35.75×10^{-6} ,采样数量35个。根据《地浸砂岩型铀矿地质勘查规范》(EJ/T 1157-2002),铀矿的边界品位为0.01%,即 100×10^{-6} ,超边界品位的样品分布在三个钻孔(BK09、BK18、BK28)的3个样品,异常值也比较高,但因分布分散,且不连成片,故不具开发价值,按照块段面积法初步估算铀的含量,参数取值说明如下:

放射性资源量计算公式: $Q = S \times H \times \rho \times C$

铀的含量以化验测试的数据为依据,插入4个边界线点,取平均值,符号C,单位: 1×10^{-6} ;面积以CAD插值圈定的为准,符号S,单位: m^2 ;厚度以采样的代表厚度为准,符号H,单位: m。密度采用样品化验中的湿密度,符号 ρ ,单位: g/cm^3 ;

图1是塔然高勒地区放射性异常的自然伽马(GR)曲线对比图。

表1是塔然高勒西二盘区内BK37钻孔放射性元素含量成果表。

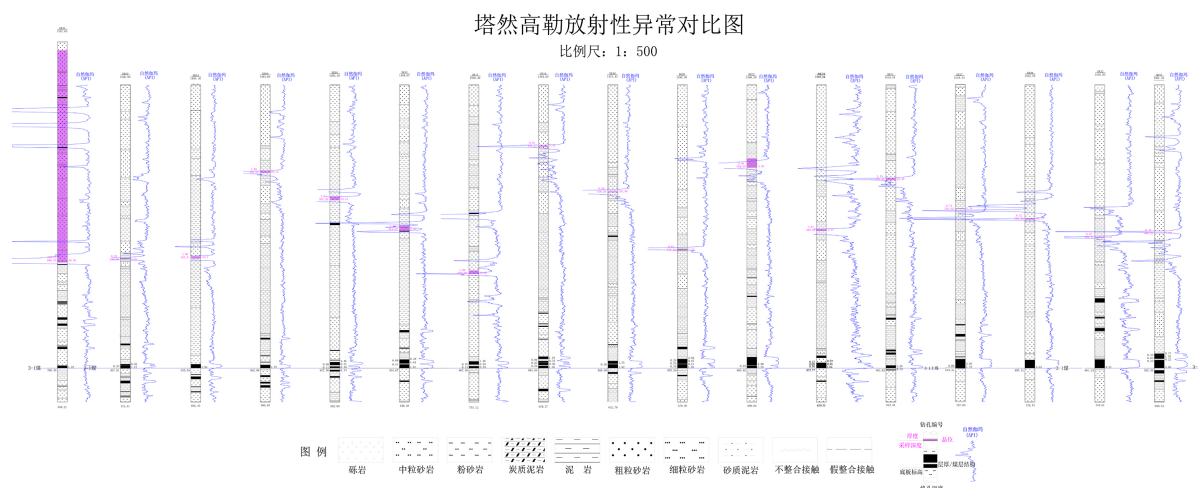


Figure 1. Radioaction abnormality contrastive chart in Taran gaule coal mine

图1. 塔然高勒煤矿放射性异常对比图

Table 1. Radioaction element content result in drilling hole BK37 in Xi'er eera
表 1. 西二盘区内 BK37 钻孔放射性元素含量成果表

| 送样编号 | 采样深度(m) | 铀 U/ 10^{-6} | 镭 Ra/ 10^{-11} | 钍 Th/ 10^{-6} | 钾 K/ 10^{-2} |
|-------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| BK37-f-1-1 | 621.00~621.15 | 1.87 | 0.305 | 7.14 | 2.79 |
| BK37-f-1-2 | 621.15~621.25 | 1.43 | 0.379 | 4.43 | 2.64 |
| BK37-f-1-3 | 621.25~621.35 | 6.31 | 0.303 | 5.89 | 2.64 |
| BK37-f-1-4 | 621.35~621.50 | 12.40 | 0.408 | 7.35 | 2.29 |
| BK37-f-1-5 | 621.50~621.70 | 34.40 | 1.03 | 8.74 | 1.93 |
| BK37-f-1-6 | 621.70~621.85 | 12.30 | 1.02 | 4.55 | 2.49 |
| BK37-f-1-7 | 621.85~621.95 | 2.18 | 0.572 | 5.68 | 2.66 |
| BK37-f-1-8 | 621.95~622.05 | 4.08 | 2.22 | 5.96 | 2.49 |
| BK37-f-2-1 | 628.20~628.30 | 3.30 | 2.20 | 3.89 | 2.71 |
| BK37-f-2-2 | 628.30~628.45 | 1.62 | 1.72 | 2.71 | 2.87 |
| BK37-f-2-3 | 628.45~628.60 | 11.30 | 4.40 | 4.60 | 2.66 |
| BK37-f-2-4 | 628.60~628.80 | 626.00 | 11.8 | 5.04 | 2.42 |
| BK37-f-2-5 | 629.00~629.10 | 44.10 | 12.5 | 6.28 | 2.72 |
| BK37-f-2-6 | 629.10~629.30 | 65.40 | 10.4 | 8.35 | 2.59 |
| BK37-f-3-1 | 638.50~638.65 | 30.40 | 2.35 | 3.45 | 2.75 |
| BK37-f-3-2 | 638.65~638.75 | 794.00 | 10.5 | 4.48 | 2.00 |
| BK37-f-3-3 | 638.75~638.90 | 442.00 | 7.52 | 3.85 | 2.52 |
| BK37-f-3-4 | 638.90~639.10 | 287.00 | 7.70 | 2.72 | 2.24 |
| BK37-f-3-5 | 639.10~639.20 | 391.00 | 5.33 | 1.05 | 2.43 |
| BK37-f-3-6 | 639.20~639.30 | 54.20 | 6.95 | 3.64 | 2.52 |
| BK37-f-3-7 | 639.30~639.50 | 103.00 | 3.71 | 2.35 | 1.96 |
| BK37-f-3-8 | 639.50~639.70 | 245.00 | 4.00 | 2.39 | 2.05 |
| BK37-f-4-1 | 694.50~694.70 | 2.08 | 0.234 | 3.84 | 2.87 |
| BK37-f-4-2 | 694.80~695.00 | 1.87 | 0.573 | 3.55 | 2.78 |
| BK37-f-4-3 | 695.20~695.40 | 3.98 | 0.892 | 2.81 | 2.90 |
| BK37-f-4-4 | 595.40~695.70 | 16.60 | 4.22 | 3.16 | 2.78 |
| BK37-f-4-5 | 696.00~696.10 | 21.20 | 4.30 | 8.69 | 2.79 |
| BK37-f-4-6 | 696.10~696.30 | 1.71 | 0.255 | 3.59 | 2.53 |
| 统计 | | <u>1.43~794</u> 115.03 (28) | <u>0.23~12.50</u> 3.85 (28) | <u>1.05~8.74</u> 4.65 (28) | <u>1.93~2.90</u> 2.54 (28) |

4. 地浸砂岩型油矿评价标准

在鄂尔多斯西北部地区,对煤层钻孔进行采样分析 35 个,经过放射性分析,铀的含量在 $0.11 \times 10^{-11} \sim 35.40 \times 10^{-11}$ ppm 的范围内,平均 2.52×10^{-11} ppm。根据以往地质资料研究成果,该区的含铀地层为地浸砂岩铀矿。

根据地浸砂岩铀矿规范,地浸砂岩铀矿的一般工业要求为:铀的边界品位大于 0.01%,边界平米铀量大于 1 kg/m^2 的标准[4]。

图 2 为 BK10 的岩性为粗粒砂岩,埋藏深度 498.54~498.86 m,厚度 0.52 m,埋藏深度 501.86~503.2 m,厚度 1.34 m,显示自然伽马异常。通过对该区进行常规的地球物理测井和伽马能谱测井,发现许多异常点。

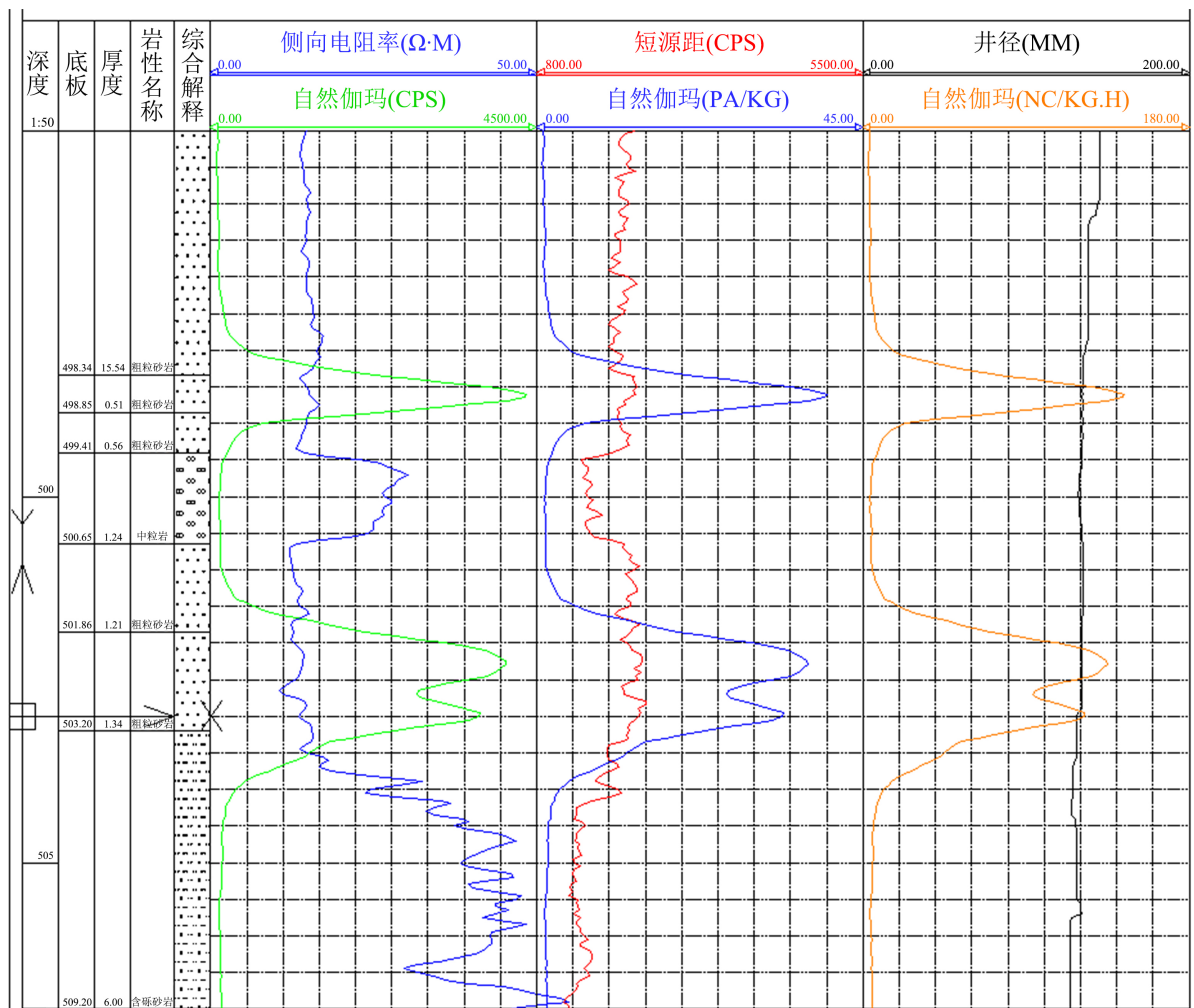


Figure 2. Well BK10 well-logging curves graph
图 2. BK10 井测井曲线图

为了研究铀矿床的伽马特性,对该地层进行定量解释,需要对异常层段进行褶积分层解释[5],根据钻孔的孔径,贴套管直径,厚度,等效水层厚度等,按照伽马测井规范所列出的铁水吸收系数,以及测井时的泥浆密度,进行如下工作:

- 1) 检查密度测井解释软件中的各项参数是否齐全;
- 2) 根据测井仪铀含量灵敏度系数和密度测井伽马照射量换算系数, 确定 0.01%铀含量的每秒读数;
- 3) 对测井异常段地层按照测井深度进行编号;
- 4) 根据泥浆密度, 换算系数, 平衡系数, 铁套管的修正系数, 最低可采品位, 最小厚度, 岩石密度等进行反褶积处理, 输出密度伽马测井解释曲线图。

经实验室分析化验, BK10 井在 501.65~503.65 m, 矿层的平均品位为 2.4167×10^{-4} ppm, 矿层平均铀量 1.02 kg/m^2 。该矿层平均铀量指标略大于工业指标, 见图 3。

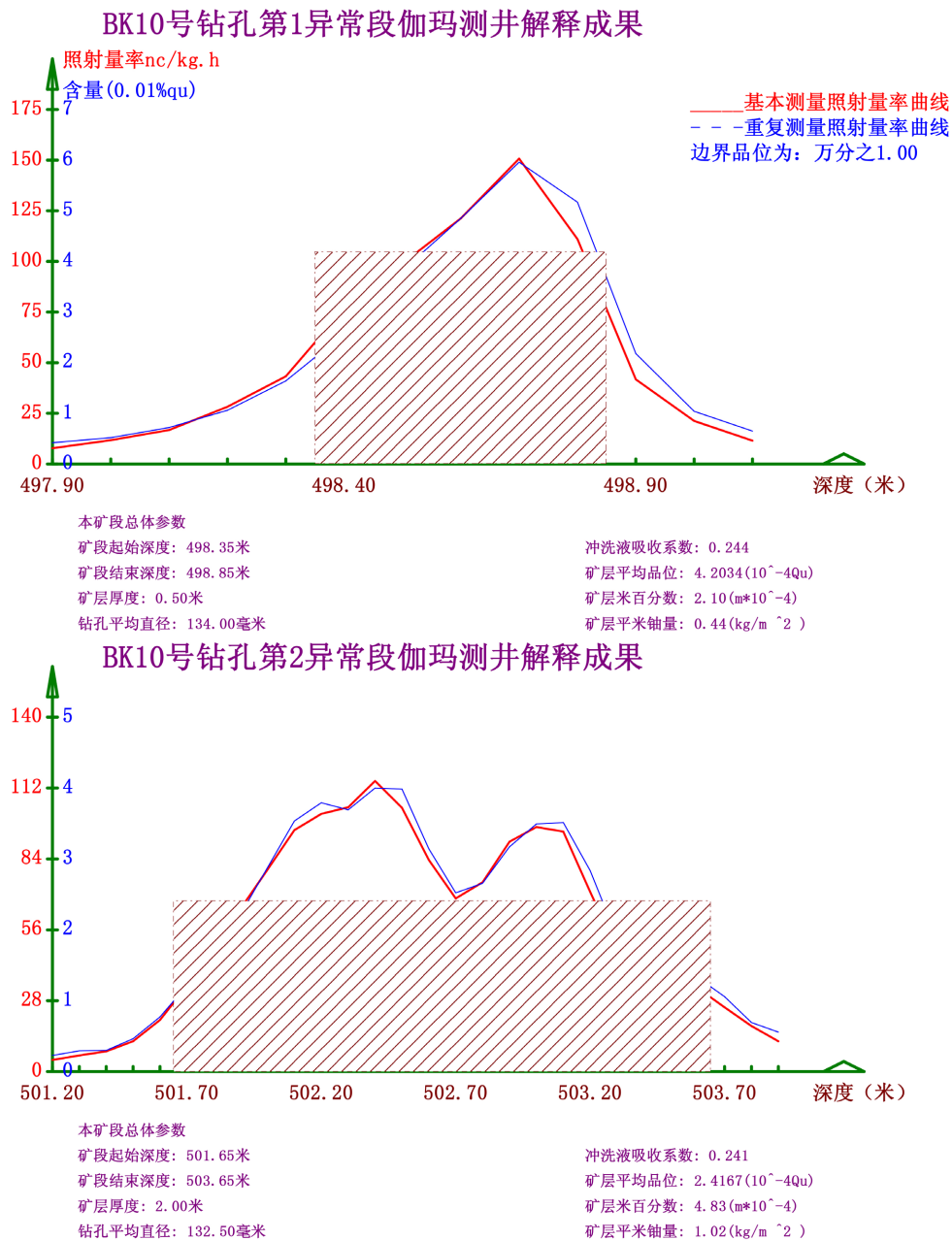


Figure 3. Well BK10 drilling hole anomalies interval gamma interpreting result chart
图 3. BK10 井钻孔异常段伽马解释成果图

图 2 的测井资料进行处理, 得到图 3 所示的处理结果: 埋藏深度 501.65~503.65 m, 矿层厚度 2.00 m, 矿段平均品位为 0.0242%, 矿层米百分数为 4.83 ($m \cdot 10^{-4}$), 按照规范要求, 平均品位在 0.01%~0.03%, 米百分值 <0.021 的矿段为异常段, 平均品位在 0.03%~0.05%, 米百分值 0.021%~0.035% 的矿段为矿化段, 平均品位 >0.05%, 米百分值 >0.035% 的矿段为工业矿段。

Table 2. Drilling hole gamma interpreting result Statistical list

表 2. 钻孔伽玛测井解释结果统计表

| 井名 | 矿段位置 | | 厚度 (m) | 岩性 | 品位 (0.01%) | 米百分数 (m.0.01%) | 平米铀量 (kg/m ²) | 矿化 级别 |
|------|--------|--------|-----------|-------|---------------|-------------------|------------------------------|----------|
| | 自 | 至 | | | | | | |
| BK02 | 554.75 | 555.35 | 0.60 | 粗粒砂岩 | 2.5812 | 1.55 | 0.17 | 异常层 |
| BK03 | 495.35 | 495.45 | 0.10 | 砾岩 | 2.6828 | 0.27 | 0.06 | 异常层 |
| BK03 | 503.35 | 504.75 | 1.40 | 含粒粗砂岩 | 2.0278 | 2.84 | 0.60 | 异常层 |
| BK09 | 494.35 | 495.15 | 0.80 | 粗粒砂岩 | 4.0693 | 3.26 | 0.68 | 矿化层 |
| BK10 | 498.35 | 498.85 | 0.50 | 粗粒砂岩 | 4.2034 | 2.10 | 0.44 | 矿化层 |
| BK10 | 501.65 | 503.65 | 2.00 | 粗粒砂岩 | 2.4167 | 4.83 | 1.02 | 工业层 |
| BK11 | 480.45 | 480.65 | 0.20 | 粗粒砂岩 | 1.7551 | 0.35 | 0.07 | 异常层 |
| BK11 | 484.35 | 484.85 | 0.50 | 泥岩 | 0.8349 | 0.42 | 0.02 | 异常层 |
| BK15 | 563.25 | 565.25 | 2.00 | 炭质泥岩 | 2.5294 | 5.06 | 0.09 | 异常层 |
| BK15 | 592.25 | 592.45 | 0.20 | 粗粒砂岩 | 1.2093 | 0.24 | 0.05 | 异常层 |
| BK16 | 493.05 | 493.95 | 0.90 | 粗粒砂岩 | 0.7213 | 0.65 | 0.14 | 异常层 |
| BK20 | 434.75 | 435.15 | 0.40 | 粗粒砂岩 | 1.3250 | 0.53 | 0.11 | 异常层 |
| BK24 | 477.85 | 479.65 | 1.80 | 砾岩 | 1.5315 | 2.76 | 0.58 | 异常层 |
| BK25 | 578.55 | 578.85 | 0.30 | 粗粒砂岩 | 1.3377 | 0.40 | 0.08 | 异常层 |
| BK27 | 591.15 | 591.25 | 0.10 | 粗粒砂岩 | 1.0752 | 0.11 | 0.02 | 异常层 |
| BK32 | 590.65 | 590.75 | 0.10 | 砾岩 | 1.2098 | 0.12 | 0.03 | 异常层 |
| BK35 | 508.45 | 508.65 | 0.20 | 含粒粗砂岩 | 2.3178 | 0.46 | 0.1 | 异常层 |
| BK37 | 693.75 | 696.05 | 2.30 | 含粒粗砂岩 | 1.9083 | 4.39 | 0.92 | 异常层 |

表 2 是该区内所有井的实验和处理结果, 只有 BK10 井的 501.65~503.65 m 的地层为平米铀量为 1.02 kg/m², 达到地浸砂岩铀矿的工业层的标准, 但是品位较低, 该钻孔控制的面积积极小, 其他层也没有达到相应的标准, 经褶积处理后确定为异常层。

5. 结论

鄂尔多斯盆地北东部东胜区的砂岩型铀矿的形成与该地区的大量有机质的存在有着非常密切的关系, 有机质在铀矿化的整个过程中(运移、富集、成矿等)起着重要的作用。

鄂尔多斯在煤矿勘探中通过地球物理测井发现许多放射性异常井段,伽马能谱测井对地层中放射性含量的测量有重要的意义,自然伽马和自然伽马能谱测井能准确的确定铀异常井段的深度和厚度;经过褶积处理,可以得到铀异常点的米百分数和平米铀量,并以此可以划分出铀含量和级别,从而有可能发现具有开采价值的工业铀矿。

参考文献

- [1] 刘阳,王军礼,曹惠锋,等.鄂尔多斯盆地南缘双龙地区直罗组下段后生蚀变地球化学特征及其对铀成矿的制约[J].地质科技通报,2021,40(6):77-87.
- [2] 李彦恒,孙玉壮,赵存良,孟志强.鄂尔多斯盆地东胜地区铀矿化与有机质关系探讨[J].河北工程大学学报(自然科学版),2009,26(4):68-69.
- [3] 吕成奎.定量伽马测井与自然伽马测井关系探讨[J].河南理工大学学报(自然科学版),2010(29):61-63.
- [4] 中国核工业地质局,陕西省核工业地质局,核工业二一六大队.EJ/T 1157-2002.地浸砂岩型铀矿地质勘查规范[S].2002:127.
- [5] 胡守玉.反褶积分层解释法在铀矿找矿中的应用[C]//中国核学会.中国核科学技术进展报告——中国核学会2009年学术年会论文集.北京:原子能出版社,2009.