

反褶积方法在铀矿伽玛测井定量解释中的应用现状与探讨

金永吉¹⁾, 吕荣平¹⁾, 文占久²⁾

1) 中国核工业集团公司地质矿产事业部, 北京, 100013; 2) 核工业二一六大队, 新疆乌鲁木齐, 830011

反褶积法是建立在地质脉冲函数基础上的方法, 属于分层解释法的一类。80 年代初, 该方法被引入我国, 引起铀矿物探工作者的重视, 中国核工业总公司地质总局物探处组织核工业北京地质研究院、华东理工大学和重点地质大队协同对该方法从理论至实际应用进行研究, 并组织方法考核, 将该方法应用于生产, 并收录到核行业 γ 测井规范中。2002 年, 中国核工业地质局组织开展了 γ 测井五点式反褶积分层解释应用程序的开发, 并将其应用于野外生产。在目前的铀矿地质勘查工作中, 南方硬岩型铀矿伽玛测井异常的定量解释一般采用三点式反褶积算法, 北方砂岩型铀矿伽玛测井异常的定量解释则主要采用五点式反褶积算法。

1 基本原理

1.1 计算公式

三点式计算第 i 个单元层含量 (q_i):

$$q_i = \frac{I_i}{K} - \frac{1}{K(\alpha \cdot h)^2} (I_{i-1} - 2I_i + I_{i+1}) \dots\dots\dots$$

.....(1)

五点式计算第 i 个单元层含量 (q_i):

$$q_i = \frac{I_i}{K} - \frac{1}{12k(\alpha \cdot h)^2} (-I_{i-2} + 16I_{i-1} - 30I_i + 16I_{i+1} - I_{i+2})$$

.....(2)

式中:

α —特征参数, 与探头结构、钻孔条件和地层环境等参数有关; 表示单位吸收层厚度对 γ 照射量 d 率衰减的百分数, m^{-1} ;

K —换算系数, γ 照射量率与含量之比, $nC/kg \cdot h/0.01\%eU$;

I_i —测点 i 的 γ 照射量率, $nC/kg \cdot h$;

h —单元层厚度, m 。

1.2 特征参数(α)的确定方法

在反褶积分层解释法公式中, 反褶积特征参数 α 需要正确的确定, 特征参数 α 通常从钻孔实测 γ 照射量率曲线上求得, 也可在相应的模型井中测定, 或采用理论计算方法。在实际工作中一般采用判别因子法计算特征参数 α , 判别因子法包括判别因子 E 法、判别因子 B 法和相对判别因子法, 该方法是利用分层解释出现的负值特征, 有效地控制负值的大小, 以便获取合适的特征参数 α 。

1.3 矿层边界与含量确定

当矿层包含若干个单元层, 矿层的边界按不同含量的单元层边界确定, 矿层划定原则如下:

(1) 按矿床经济技术评价确定的矿层品位级指标, 属于同一品级的连续单元层, 可以合并为一个矿层;

(2) 两个同一品级的矿层之间, 存在小于可采厚度的低品级矿层或夹层时, 合并后其加权平均含量仍保持原品级者, 允许合并为一个矿层;

(3) 在高品级矿层两侧存在小于 $1m$ 的低一品级的矿层, 合并后其加权平均含量仍能保持原品级者, 可以合并为一个矿层。

2 生产应用

2.1 三点式反褶积算法在生产中的应用

南方硬岩型铀矿伽玛测井异常的定量解释一般采用以三点式反褶积算法为内核的解释软件, 特征参数的计算采用判别因子 E 法。在实际操作中,

注: 收稿日期: 2015-2-4; 改回日期: 2015-3-14; 责任编辑: 黄敏

作者简介: 金永吉, 男, 1983 年生。硕士, 工程师, 铀矿地质勘查。Email: jyja2031@163.com。

测井曲线异常段的划分、矿层的组合,由测井解释人员通过手动操作来完成。测井人员根据测井曲线的完整形态对异常段进行合理的划分,程序自动计算得到相应的反褶积因子(特征参数 α),并输出矿段的铀含量计算结果。解释软件对反褶积计算产生负值的单元层没有进行特殊处理,保留在单元层解释结果中。矿层的组合是根据资源量估算规范的要求进行矿段的连接。以上解释工作的实施,需要测井解释人员具有丰富的实践工作经验,进而保证解释结果的正确性。

2.2 五点式反褶积算法在生产中的应用

北方砂岩型铀矿伽玛测井异常的定量解释则主要采用五点式反褶积算法,并以该算法为内核开发了伽玛测井五点式反褶积法分层解释程序,创建了以图形、图象和人机交互处理为手段,进行伽玛测井数据处理和解释工作的计算机平台。特征参数 α 的计算采用判别因子公式法中的相对判别因子法,因铀含量的不同而动态变化,保证了解释结果的客观性,并将产生负值的单元层作为本底处理,在正数单元层上按权(以单元层含量为权)加上这些负值,以保证线储量不变。在解释操作中,数据的读入,特征参数 α 的计算,矿层的组合,解释成果的输出等环节完全由计算机自动完成,提高了测井解释的工作效率。

3 结论与探讨

(1) 测井解释经验方面。对于测井解释曲线来说,从正常值到异常值,然后又回到正常值,在解释过程中应将其作为一个分层解释的异常段,当出现连续异常曲线时,合理划分异常段,对取得合理的解释结果至关重要,重要的一点是不能将测井曲线不同斜率的异常划分为一段,又切忌将一个完整异常分段进行解释,正确的划分异常段,是一个经验积累的过程,这需要测井解释工作者具有丰富的实践工作经验,进而为异常段选择合适的特征参数,保证铀含量解释结果的正确性。

(2) 解释程序的操作性方面。五点式反褶积法分层解释程序操作便捷,由计算机自动完成,受到人为因素的影响较小。三点式反褶积法分层解释程序,手动操作为主,不同技术人员不同解释思路,将产生不同的解释结果,使成果的输出具有一定的选择性,但这也使解释工作具有一定灵活性,不必受解释软件的禁锢,对于经验丰富的技术人员来讲,能够获得合理准确的计算结果。

(3) 数据质量对反褶积计算的影响方面。反褶积法对任意点的解释都可能存在含量误差,测量结果的微小波动(特别是边界附近数据有偏差的曲线)将引起含量计算的较大幅度变化,误差最大者一般在矿层的边界附近,含量计算的负值是含量计算公式的截断误差产生的,这个误差将在矿层边界外引起负值,边界内出现含量偏高。为了尽量避免负值,提高铀含量计算结果的准确性,提高测井数据质量至关重要。南方山地地区目前数据采集采用的是手摇式测井方法,铀异常段测量点距为 10cm,测量精度较低,采集数据的照射量值只能精确到整数位,对于薄矿层的测量可能无法完整获取矿层照射量值的真实反映,进而直接影响反褶积计算铀含量结果的准确性。北方砂岩地区的伽玛测井数据采集采用时间域采样,数据量较丰富,照射量值可精确到小数位。为了保证采用反褶积方法计算铀含量的准确性,应加强研究山地地区的精确测井数据采集技术,研制开发适合山区作业的自动化仪器设备及配套软件,保障最终伽玛测井定量解释结果的科学性和准确性。

(4) 反褶积方法的应用方面。经实践检验后的三点式和五点式反褶积法都可应用于伽玛测井分层解释,上述方法在计算富矿体铀含量方面,具有较好的一致性,能够客观的反映铀矿体的厚度和品位,它们都是可以信赖的分层解释方法。在今后的工作中,建议对中核地质系统内已应用的综合测井资料处理解释系统,进行进一步的升级和完善,在软件内集成各成熟的解释方法,增加解释方法的选择性和结果的对比性,使其逐步形成具有自主知识产权,为业内所认可的铀矿综合测井资料处理解释系统。

参 考 文 献 / References

- 李运被等, 1978. 放射性地球物理勘探, 原子能出版社。
 汤彬. 1993. γ 测井分层解释法, 原子能出版社。
 余水泉等, 2005. EJ/T 611-2005 伽玛测井规范。