

可地浸砂岩型铀矿储量计算中的 镭-钍放射性平衡系数研究

邓小卫, 李继安, 冯志杰, 蔺志璧

(核工业 230 研究所, 陕西 咸阳 712000)

【摘要】 本文在论述镭-钍放射性平衡系数及其破坏原因的基础上, 对吐哈盆地十红滩铀矿床镭-钍放射性平衡破坏的检查方法进行了深入研究。利用伽玛测井解释资料与岩矿心分析结果对比确定了镭-钍放射性平衡系数, 为铀矿储量计算提供了重要的物探参数修正值, 在该矿床储量计算中达到了预期的效果。

【关键词】 镭-钍放射性平衡系数; 储量计算

【文章编号】 1000-0658(2003)06-0355-05

【中图分类号】 P631.6⁺4

【文献标识码】 A

1 前言

吐哈盆地南缘作为我国继伊犁盆地之后又一新的可地浸砂岩型铀矿能源基地已见端倪。近几年, 在吐哈盆地十红滩地区已初步落实了一定规模的地浸砂岩型铀矿资源储量。由于该类型矿床在吐哈盆地的提交铀资源储量尚属首例, 且矿床地质条件、产出特征比较复杂, 因此, 如何能比较真实、准确地计算铀资源储量, 是一个重要的研究课题。在对该区钻孔地质编录、物探测井资料详细分析对比、认真计算的基础上, 我们对与储量计算有关的物探参数如: 铀-镭、镭-钍放射性平衡系数、矿石密度、湿度、钍和钾元素含量及伽玛测井换算系

数等进行了研究, 为准确计算铀资源储量提供了可靠数据。本文就十红滩铀矿床镭-钍放射性平衡系数的研究做详细探讨。

2 矿区地质概况

十红滩铀矿床位于新疆吐鲁番-哈密中新世代沉积盆地中, 盆地基底为一套石炭系的火山岩、碎屑岩等建造, 盆地盖层为侏罗系、第三系和第四系, 其中第四系为风成灰黄色砂砾岩层, 第三系为杂红色、褐红色泥质砂砾岩和含砾泥岩。侏罗系水西沟群为一套含煤碎屑岩建造, 该层位自下而上分为八道湾组、三工河组、西山窑组。每个岩性组由若干层砂砾岩、粉砂岩、泥岩、煤层和煤线等岩性组成。铀矿

【收稿日期】 2002-09-09 **【改回日期】** 2003-03-16

【作者简介】 邓小卫 (1966-), 男, 高级工程师, 1988年毕业于华东地质学院。

体主要产出于中侏罗统西山窑组下段的砂体中,砂体由褐黄、灰白、暗灰、深灰色砂岩及砂质砾岩等组成,透水性较好。十红滩铀矿体由上、下两个矿层组成,下部矿层顶板埋深 93.65 ~ 174.95 m,上部矿层埋深 81.55 ~ 158.05 m,矿体总体倾向 NNE,走向 NWW。矿体以板状为主,其次是卷状,其产出严格受控于层间氧化带。区内构造主要是十红滩鼻状背斜,它使十红滩铀矿床层间氧化带展布、矿体形成特征、地层岩性发生较大变化,造成该矿床在局部具有一定的复杂性。

3 镭-钍放射性平衡系数及其破坏原因

可地浸砂岩型铀矿体的厚度和矿石中的铀含量基本上由伽玛测井确定,并经一系列参数修正^[1]。镭-钍放射性平衡系数是铀矿床勘探和开采工作中一个十分重要的参数,准确计算矿床的镭-钍放射性平衡系数是保证伽玛测井定量解释准确性的重要条件之一。众所周知,伽玛测井记录的主要是钍及其衰变子体的伽玛射线(占铀系总伽玛射线强度的 90% 以上)^[2],而伽玛测井定量解释所计算的是铀含量。所以,必须确定在进行伽玛测井的具体条件下铀-镭、镭-钍之间的放射性平衡系数值,才能利用伽玛测量的结果求出铀的真实含量和准确地确定含矿层边界。当矿石中的铀-镭、镭-钍放射性平衡遭到破坏时,计算的铀含量必须作相应的修正。

可地浸砂岩型铀矿有较高的孔隙度和水饱和度,在其中镭钍是平衡的。在钻进过程中,当井液泥浆压力大于含矿段含水层的压力时,井液泥浆进入铀矿层岩石孔隙,使得层间水及溶解于其中的氧气一起被挤压而离开孔壁(压氧效应)^[3],破坏了镭钍之间的放射性平衡,导致终孔后伽玛测井照射量率数值比正常状态时降低。同时,钻进过程中,泥浆渗入井壁周围一定范围,往往在井壁形成了一层厚厚的泥浆饼,将对伽玛射线有一定的屏蔽作用,最终

使计算出的铀含量偏低。为了使伽玛测井解释结果铀含量接近实际和计算出的铀资源储量准确可靠,必须进行镭-钍放射性平衡系数修正。

4 镭-钍放射性平衡破坏的检查方法

4.1 水文孔注水试验

镭-钍放射性平衡破坏可在专门水文孔内进行注水试验检查。在矿区选取了 15W3G1、15W3G2 两个水文孔进行试验。这两个孔在含矿含水层部位放置了过滤器,且在一个月内存未进行过任何试验工作,镭钍处于平衡饱和状态。试验方法如下:先进行第 1 次伽玛测井,然后立即注水。15W3G1 孔注水 3.5 h,其注水量为 9 t;15W3G2 孔注水 7.25 h,其注水量为 7.2 t。注水结束后,接着进行第 2 次伽玛测井,结果发现,在含矿的渗透性岩层中,注水后伽玛测井照射量率面积明显低于注水前伽玛测井照射量率面积。试验结果(图 1 和表 1)证实:镭-钍放射性平衡遭到了破坏。

4.2 物探参数孔压氧测量

为了确定十红滩铀矿区镭-钍放射性平衡系数,在勘探经费紧张的情况下,施工了一个物探参数孔,全孔岩心采取率为 98%,矿段采取率为 100%。终孔后,进行伽玛测井和综合测井;然后向钻孔中下无缝铁套管,再用水冲洗,排出孔中的冲洗液;最后进行重复伽玛测井。连续进行了 30 多天状态观测(实际上 25 d 时镭钍已基本达到平衡),其中:前 4 d,每 8 h 进行一次伽玛测井;之后的 4 d,每天测一次;以后则每 3 d 测一次,直到镭钍达到平衡,伽玛测井数值稳定。用终孔后可渗透矿段第 1 次伽玛测井曲线异常面积($S_{始}$)和镭钍达到平衡后伽玛测井曲线异常面积($S_{稳}$)按式(1)计算镭-钍放射性平衡系数。物探参数孔的状态观测曲线如图 2 所示,观测结果列于表 2。实测镭-钍放射性平衡系数为 0.89,验证了镭-钍放射性平衡遭到破坏的事实。

$$K_{(Ra-Rn)实} = S_{始} / S_{稳} \quad (1)$$

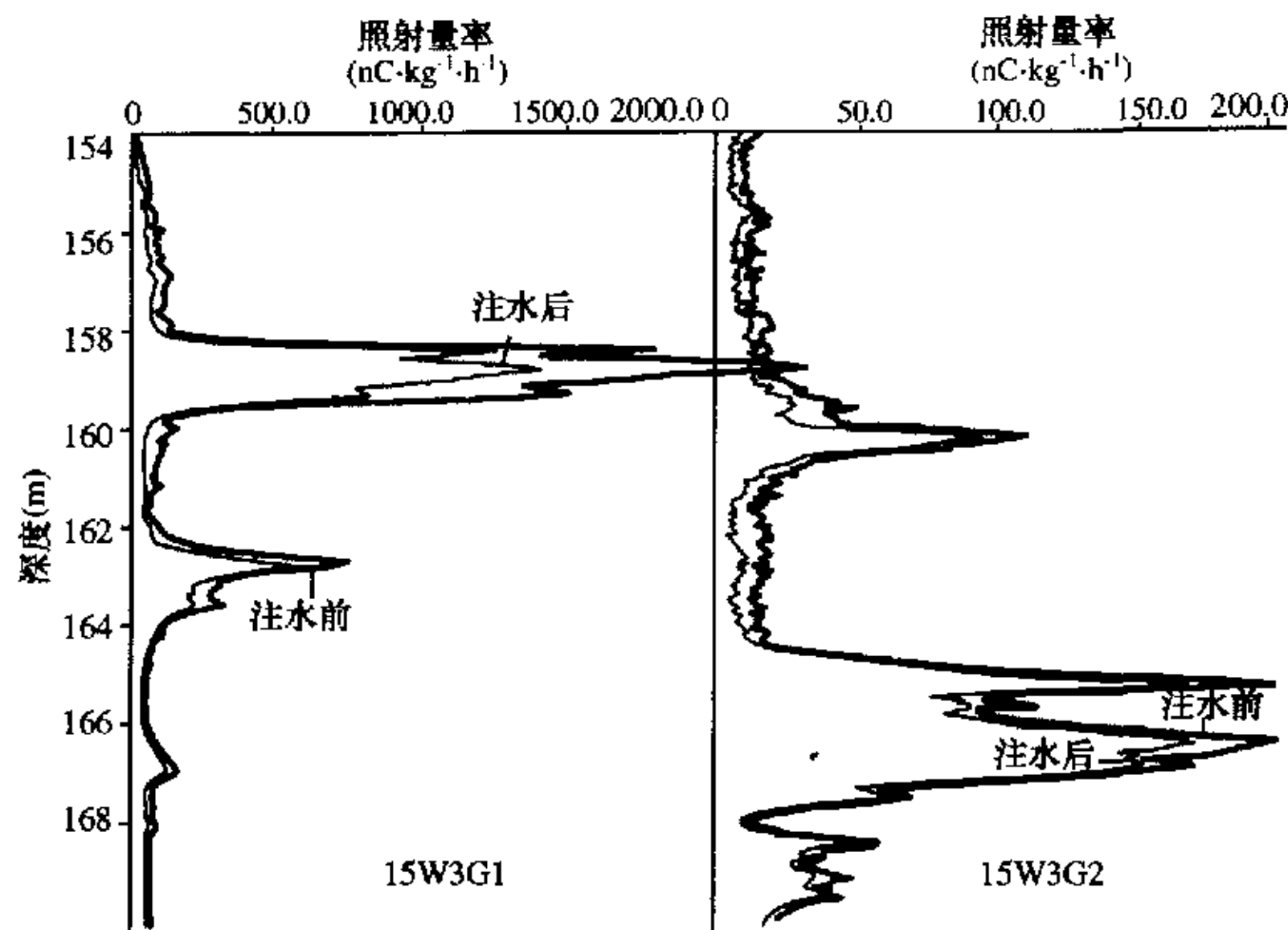


图 1 15W3G1、15W3G2 水文地质孔压氧现象注水观测曲线

Fig.1 Curves showing radioactivity variation caused by Rn-pressing phenomenon (before and after water-injecting) at hydrogeological boreholes No. 15W3G1 and No. 15W3G2

表 1 15W3G1、15W3G2 水文地质孔压氧现象注水检查结果表

Table 1 Examined results of Rn-pressing phenomenon by water-injecting at hydrogeological boreholes No. 15W3G1 and No. 15W3G2

钻孔编号	测量时间	矿段位置 (m)	厚度 (m)	矿段面积 ($\text{m}^2 \cdot \text{nC} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	两次测井确定的 矿段面积变化 (%)	备注
15W3G1	注水前	156.6~160.3	3.7	2175.48	35.75	注水 3.5 h, 注水量为 9.0 t
	注水后			1397.83		
	注水前	162.0~164.0	2.0	530.50	19.60	
	注水后			426.51		
15W3G2	注水前	159.0~161.0	1.2	93.75	27.47	注水 7.25 h, 注水量为 7.2 t
	注水后			68.00		
	注水前	164.0~170.0	6.0	441.29	13.37	
	注水后			382.29		

4.3 密封块状矿石法测定镭-氡放射性平衡系数

密封块状矿石法测定镭-氡放射性平衡系数通常称为铅罐法。采集样品为矿段岩心圆柱样, 样长 10~12 cm。矿样采取后, 刮掉泥皮, 用石蜡、锡箔袋密封, 放入屏蔽的铅罐

中, 用 FD-3013 伽玛辐射仪测量初始计数 (S_0), 然后将密封样放置约 38 d, 测其氡气积累饱和时的计数 ($S_{\text{饱}}$), 依据式 (2) 计算镭-氡放射性平衡系数 $K_{(\text{Ra-Rn})\text{铅}}$ 。

$$K_{(\text{Ra-Rn})\text{铅}} = S_0/S_{\text{饱}} \tag{2}$$

表2 物探参数孔压氧现象观测结果

Table 2 Results showing the Rn-presing phenomenon at geophysical parametric borehole

观测时间	9月7日 (终孔测井)	9月8日0时	9月8日8时	9月8日16时	9月9日0时	9月9日8时	9月9日16时
观测值	524.23	527.63	528.71	533.01	530.86	534.54	544.04
观测时间	9月10日0时	9月10日8时	9月10日16时	9月11日0时	9月11日8时	9月11日16时	9月12日0时
观测值	542.68	549.85	547.80	552.64	550.49	556.79	554.12
观测时间	9月12日8时	9月13日10时	9月14日19时	9月15日11时	9月18日11时	9月21日14时	9月23日10时
观测值	564.76	554.11	559.42	572.44	572.64	586.05	583.34
观测时间	9月26日10时	9月30日10时	10月3日11时	10月6日14时	10月10日17时	10月13日11时	实测压氧修正值
观测值	589.27	588.21	590.89	592.24	589.03	589.13	0.89

注：观测值为伽玛测井曲线异常面积，其单位为： $(\text{m} \cdot \text{nC} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$ 。

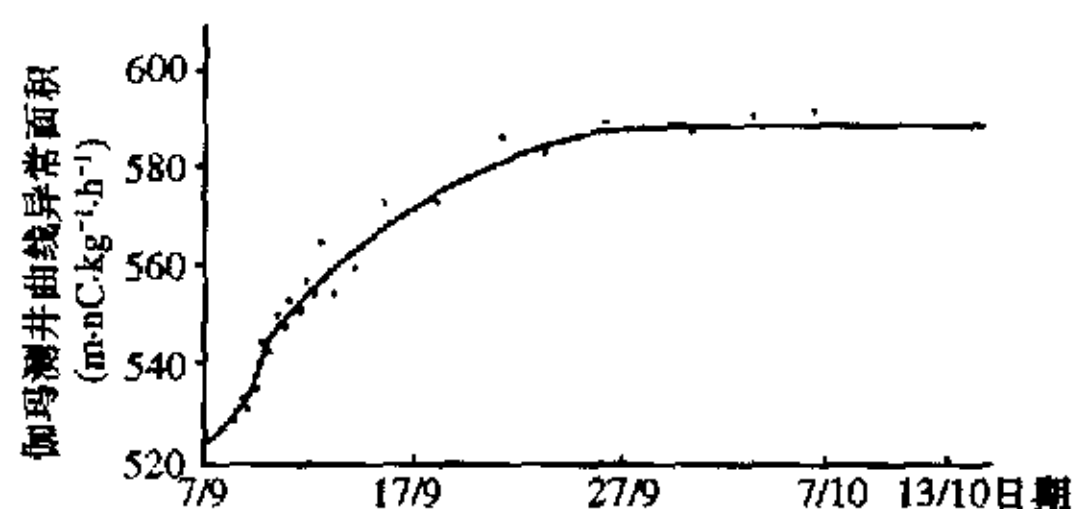


图2 物探参数孔压氧现象观测曲线

Fig.2 Curve showing the Rn-presing phenomenon at geophysical parametric borehole

在十红滩铀矿床共采集样品25个,其中铀含量大于0.01%的砂岩样品13个(表3),最大镭-钍平衡系数为0.98,最小为0.61,平均镭-钍平衡系数为0.79。反映了该区镭-钍平衡系数变化比较大和镭-钍平衡遭到破坏的现象。

5 镭-钍放射性平衡系数的确定

通过专门水文孔注水试验和物探参数孔测量以及密封块状矿样镭-钍放射性平衡系数的研究测定,充分证实了该矿区镭-钍放射性平衡遭到了破坏。因此,在定量计算铀资源储量时,必须进行镭-钍放射性平衡系数修正。

镭-钍放射性平衡系数的计算方法较多,一般常用的有两种,第1种方法是钻孔实测,第2种方法是利用岩矿心分析结果与伽玛测井

解释结果对比确定。第1种方法要求,在矿区大范围施工物探参数孔实测镭-钍放射性平衡系数,这种方法成本较高,在目前勘探经费比较紧张的情况下不太现实。所以,生产过程中,采用了第2种方法。为了准确、合理地确定镭-钍放射性平衡系数,对所采集的样品按自然矿段进行了组合。参加组合计算的样品必须符合以下两条原则:①矿心采取率 $\geq 85\%$;

表3 铅罐法测定镭-钍放射性平衡系数结果

Table 3 Values of Ra-Rn radioactive equilibrium coefficient determined by lead pitcher method

样号	孔号	岩性	矿化 (%)	镭-钍平 衡系数
1	13-8	疏松灰白色中砂岩	0.046	0.86
2	13-8	疏松灰白色中砂岩	0.050	0.87
3	13-18	疏松灰白色粗砂岩	0.016	0.62
4	13-18	疏松灰白色中砂岩	0.167	0.98
5	13-18	疏松灰白色粗砂岩	0.249	0.66
6	13B-1	疏松灰色中粗砂岩	0.014	0.90
7	15A-2	次疏松灰色细砂岩	0.042	0.70
8	13-16	疏松灰色细砂岩	0.022	0.65
9	9-16	疏松灰色细砂岩	0.185	0.93
10	15B-1	疏松灰色含砾粗砂岩	0.022	0.61
11	15B-1	疏松灰色含砾中砂岩	0.012	0.78
12	13B-1	次疏松灰白色中细砂岩	0.245	0.90
13	13B-1	疏松灰白色砾质粗砂岩	0.010	0.85
平均值				0.79

②矿段边缘样品镭含量以及整个矿段平均镭含量(平衡铀单位) $\geq 0.01\%$ 。依照以上两条原则,共组合了52个样品,样品分布基本均匀。镭-钍放射性平衡系数的具体计算方法是:选用对应矿段上伽玛测井解释的镭线储量与化学分析镭线储量加权值之比,求出单样段镭-钍放射性平衡系数,然后再用化学分析镭线储量加权平均法按式(3)计算出全区总的镭-钍放射性平衡系数,计算公式为:

$$K_{(Ra-Rn)总} = \left(\sum_i^n H_i Q_{Ra_i} \cdot K_{(Ra-Rn)_i} \right) / \sum_i^n H_i Q_{Ra_i} \quad (3)$$

$i = (1, 2, \dots, n)$

式中: $K_{(Ra-Rn)总}$ ——总的镭-钍放射性平衡系数; $K_{(Ra-Rn)_i}$ ——单样段镭-钍放射性平衡系数; H_i ——样品长度; Q_{Ra_i} ——化学分析镭含量。

全区计算求得镭-钍放射性平衡系数值为0.86,而参数孔实测系数为0.89,两者相对误差为3.37%,小于10%的要求。因此,选用计算所得镭-钍放射性平衡系数0.86对全区铀含量进行修正,求取最终铀资源储量。

引入镭-钍放射性平衡系数后,伽玛测井定量解释铀含量的准确性,用岩心取样分析与

伽玛测井解释结果对比来验证。矿区用于对比的实际矿心长度为38.9 m,远大于规范要求的20 m。伽玛测井解释结果与矿心取样分析结果的米百分数相对误差为0.25%,远远小于规范5%的要求。因此,认为该区镭-钍放射性平衡系数的确定方法是合理的,修正系数值是客观的、准确的。

6 结论

在十红滩铀矿床储量计算中,引用镭-钍放射性平衡系数,保证了伽玛测井定量解释结果的真实性和确定矿层边界的准确性,使计算出的铀资源量更接近于实际铀资源量,在该矿区的储量计算中达到了预期的目的。

[参考文献]

- [1] 薛志恒译. 铀矿普查勘探伽玛测井规范 [M]. 咸阳: 核工业西北 203 研究所, 1996.
- [2] 成都地质学院三系. 放射性勘探方法 [M]. 北京: 原子能出版社, 1978.
- [3] 张金带. 铀矿储量计算中几个问题的探讨 [J]. 铀矿地质, 2000, 16 (3): 171~179.

Study on Ra-Rn radioactive equilibrium coefficient in reserves calculation for in-situ leachable sandstone-type uranium deposits

DENG Xiao-wei, LI Ji-an, FENG Zhi-jie, LIN Zhi-bi

(Research Institute No.203, CNNC, Xianyang 712000, China)

Abstract: On the basis of expounding Ra-Rn radioactive equilibrium coefficient and reasons causing its disequilibrium, this paper profoundly introduces results in studying examining methods of Ra-Rn radioactive disequilibrium in Shihongtan uranium deposit, Turpan-Hami basin. Ra-Rn radioactive equilibrium coefficient is determined by the comparison of gamma logging and results of chemical analysis of ores. The coefficient provides exact correction value of geophysical parameters for calculating reserves, and anticipated effect has been achieved in reserves calculation of the deposit.

Key words: Ra-Rn equilibrium coefficient; reserves calculation