

三侧向电流曲线在煤层定厚解释中的应用研究

宋启文

(贵州省地矿局地球物理地球化学勘查院, 贵州 贵阳 550018)

[摘 要] 煤田地球物理测井是煤田勘探工作中重要技术手段, 为达到最佳勘探效果, 须充分结合当地的煤层地球物理特征。本文对以往使用电极系电阻率来解释煤层厚度和目前使用三侧向电阻率来解释煤层厚度进行了评述, 对其影响煤层定厚的精度等不足进行了概括, 提出三侧向电流曲线来代替三侧向电阻率曲线进行煤层的定厚解释, 此曲线继承了三侧向电阻率曲线的优点, 同时也克服了它的缺点。

[关键词] 煤田测井; 三侧向电阻率曲线; 三侧向电流曲线; 煤层定厚

[中图分类号] P618. 11; P631. 3⁺22 [文献标识码] A [文章编号] 1000-5943(2019)-03-0250-04

1 引言

煤田地球物理测井分为常规测井和非常规测井, 非常规测井有简易井温、静态井温和盐化曲线等, 常规测井有井斜、伽玛伽玛曲线、自然伽玛曲和电阻率曲线, 井斜是对钻孔倾斜的评价, 这些就不必多讲。伽玛伽玛曲线、自然伽玛曲和电阻率曲线, 这三条曲线是用来对煤层的定性或定厚进行解释, 根据《煤炭地球物理测井规范》DZ/T 0080-2010 的规定, 煤层的定性或定厚解释必须由两种或两种以上的物性参数来进行解释。由于贵州沉积环境变化较大, 即使在同一勘查区, 煤层的自然伽玛幅值也有负异常、无异常和正异常几种情况, 增加了煤层定厚解释的难度, 所以在实际工作中很少用来作定厚解释, 现在就只剩下伽玛伽玛曲线和电阻率曲线来对煤层厚度进行解释, 两个参数各自按自己的解释原则进行解释后, 再把两个曲线的平均值来确定煤层的厚度。由于煤层密度较低, 伽马伽马曲线幅值异常明显, 目前所测效果甚好。在灰分比较大的煤层中, 电阻率曲线所测的幅值不大, 界线不明显, 很难将煤层厚度准确解释出来。鉴于此情况, 本文提出用三侧向

电流曲线来替代电阻率曲线来对煤层进行定厚解释。

2 在煤层定厚中的几种电阻率曲线评述

以前煤层定厚中是使用电极系电阻率(电位电阻率和梯度电阻率)配套伽玛伽玛来进行解释的, 下面对电极系电阻率进行介绍:

2.1 电极系分类及定义

一般电极系有两种类型:

电位电极系(normal device)是以前视电阻率法测井常用的一种电极系。它是根据电场中电位分布特点研究岩层电阻率的。其特点是电极系的成对电极(如供电电极 A、B 或测量电极 M、N)之间的距离, 远大于不成对电极 A、M 之间的距离。这时, MN 之间的电位差, 基本上等于 M 点在 a 极电流场中的电位。电位电极系的记录点是 AM 两电极的中点, 电极距为 a 与 M 两电极之间的距离 AM。

梯度电极系: 是以前视电阻率法测井常用的一种电极系。它是根据电场中电位梯度分布特征

[收稿日期] 2019-01-03 [修回日期] 2019-05-05

[作者简介] 宋启文(1983—), 男, 贵州省地矿局地球物理地球化学勘查院, 物探工程师, 从事物探测井和地面物探工作。

研究岩层电阻率的。其特点是成对电极之间的距离远小于不成对电极之间的距离。测量电极之间的电位差基本上和成对电极之间的电位梯度成比例。梯度电极系的记录点是成对电极的中点。记录点到不成对电极的距离是电极距(ξ)。成对电极在下部时,对应高电阻地层的底界曲线出现极大值,故称为底部梯度电极系;反之,称为顶部梯度电极系。

2.2 电极系电阻率在煤层定厚中不足之处

电位电阻率:由于不同条件所测电位电阻率曲线差异较大,受电极距影响、围岩(层厚影响)、侵入影响、高阻邻层屏蔽影响、地层倾角和泥浆电阻率影响较大,其细节反映欠佳,薄层分辨率不高,故目前一般不再采用。梯度电阻率:在电性界面附近曲线存在尖峰,定厚解释点为曲线尖峰向外推二分之一电极距。但数字测井的采样间隔一般为5cm,采样点不可能正好在曲线尖峰处,因此采样本身就会造成界面误差,电阻率值随地层厚度减小。反映逐渐下降,厚度小到一定程度时,可能导致无法反映,因此薄层分辨率不高,且受电极距、围岩(层厚影响)、高阻邻层屏蔽影响、地层倾角和泥浆电阻率影响较大,所以煤炭测井中也不再采用梯度电阻率曲线。基于电极系电阻率对薄层煤反应极差,甚至没有反应,所以三侧向电阻率被广泛使用,目前贵州煤田测井中的电参数就是首选三侧向电阻率曲线。

3 贵州目前在煤层定厚解释中首选的三侧向电阻率

在钻孔中,井液电阻率一般小于地层的电阻率,导致电极系的供电电极电流大部分沿着

井身流动,流入地层的电流相对较少,又因薄层下的邻层、围岩等影响,测量值不能很好地反映岩层的电阻率。为了克服这一点,三侧向电阻率(又称为聚焦电阻率)因此被广泛的使用。三侧向电阻率受井液电阻率和薄层影响较小,因为它的电流是近似垂直进入孔壁,绝大多数电流已经流进了孔壁,不像电极系一样,多数电流没有流入孔隔而是从井身流走,因此三侧向电阻率所解释的薄煤层接近真实值。岩性分辨较为清楚,顶底板界线明显。煤层反映效果好。但它也有它的不足之处,就是当煤质较差,灰分比较大时,三侧向电阻率所测效果不佳,顶底板界线不明显,如图3所示。鉴于此,本文才提出用三侧向电流曲线来代替三侧向电阻率曲线作煤层的定厚解释。

板界线明显。煤层反映效果好。但它也有它的不足之处,就是当煤质较差,灰分比较大时,三侧向电阻率所测效果不佳,顶底板界线不明显,如图3所示。鉴于此,本文才提出用三侧向电流曲线来代替三侧向电阻率曲线作煤层的定厚解释。

4 三侧向测井的工作原理

三侧向测井所测参数包括了三侧向电流和三侧向电阻率,掌握了三侧向测井的工作原理就掌握了三侧向电阻率和三侧向电流的工作原理和它们存在的关系。

4.1 工作原理

三侧向测井电极系一般由三个直径相同的金属圆筒组成(见图1)。A₀为主电极,A₁、A₂为屏蔽电极,屏蔽电极与主电极由绝缘环分开,电极系的记录点在主电极中点。目前煤炭测井常用的三侧向测井电极系尺寸主要有两种:其一是 $\phi 50 \times 1\ 000$ mm,其二是 $\phi 52 \times 2\ 300$ mm。两种电极系的中心电极长度均为105 mm,绝缘环长度为10 mm。

测量过程中,保持主电极与屏蔽电极的电流

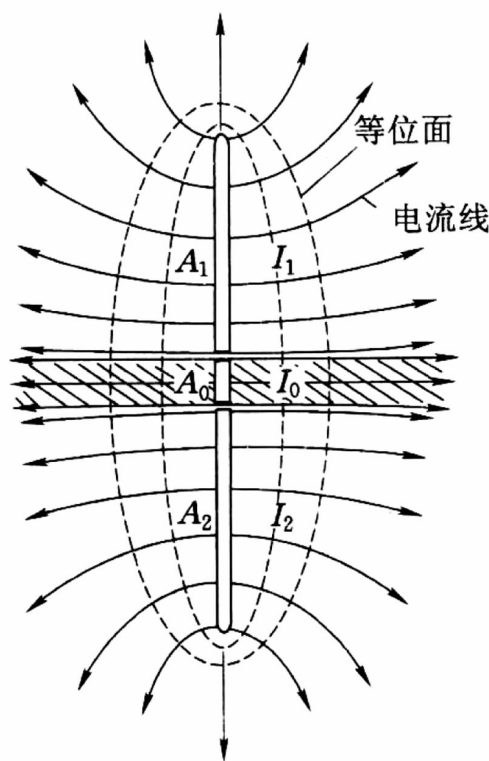


图1 三侧向测井电极系电流示意图

Fig. 1 Current diagram of three lateral logging electrode system

极性相同和主电极与屏蔽电极的电位相等,使主电极的电流几乎垂直井轴进入地层,大大减小井液及上下围岩的影响。

三侧向测井的视电阻率的计算公式为: $\rho_s = K \times \frac{u}{I}$

式中: K —三侧向电极系数

U —电极系表面电位

I —主电流的强度(即图1中的 I_0)

电极系数 K 的计算公式为:

$$K = \frac{2.73(L_0 + 2e/3)}{\lg \frac{2L}{d_n}}$$

式中: L_0 —主电极长度

e —绝缘环长度

L —电极系总长度

d_n —电极系直径

由于主电极长度 $L_0 = 105$ mm,具有很强的分层能力;三侧向电极系长度较大(大于1 000 mm),其探测深度较深。

4.2 三侧向电阻率和三侧向电流的关系

三侧向电流和三侧向电阻率由公式 $U = IR$ 来看,则是反比关系,但它们不是简单的反比关系,从上面的工作原理来看,要计算出电阻率值,除了知道三侧向电流值外,还与三侧向电极系数(主电极长度、绝缘环长度、电极系总长度、电极系直

径)有很大的关系,所以三侧向电流与三侧向电阻率存在一定的反比关系,但不是完全的反比关系。

5 三侧向电流和三侧向电阻率曲线在煤层定厚解释方面的对比

5.1 从理论方面的对比

从工作原理上来看,三侧向电阻率是通过所测的电压、电流和系数 K 进行转换而得,每一个参数对它影响都非常大,测井时所有影响因数都接近理论值时,它才最接近真实值,才能真实的反应煤层,但实际测井做不到和理论一样。而三侧向电流是通过实测出来的,不需要经过任何处理,是通过流入孔壁的多少来决定是什么物质,从而来确定顶底板,所以三侧向电流曲线比三侧向电阻率曲线更真实可靠。

5.2 从实践方面进行的对比

在贵州大多数煤炭勘探中都进行过对比,对比结果是:在煤质好灰分小的煤层中,两种曲线所测效果都差不多(见图2),但在煤质不好灰分大的情况下,电阻率反应不好,很微弱,而三侧向电流曲线则曲线陡直、幅值大、界线明显(见图3)。所测的三侧向电流和三侧向电阻率方向是相反的,煤层为负异常,但为了和三侧向电阻率作对比解释,以下的两张图已作镜像处理,就得到和三侧向电阻率一样的曲线,这样对比起来非常的直观、准确。

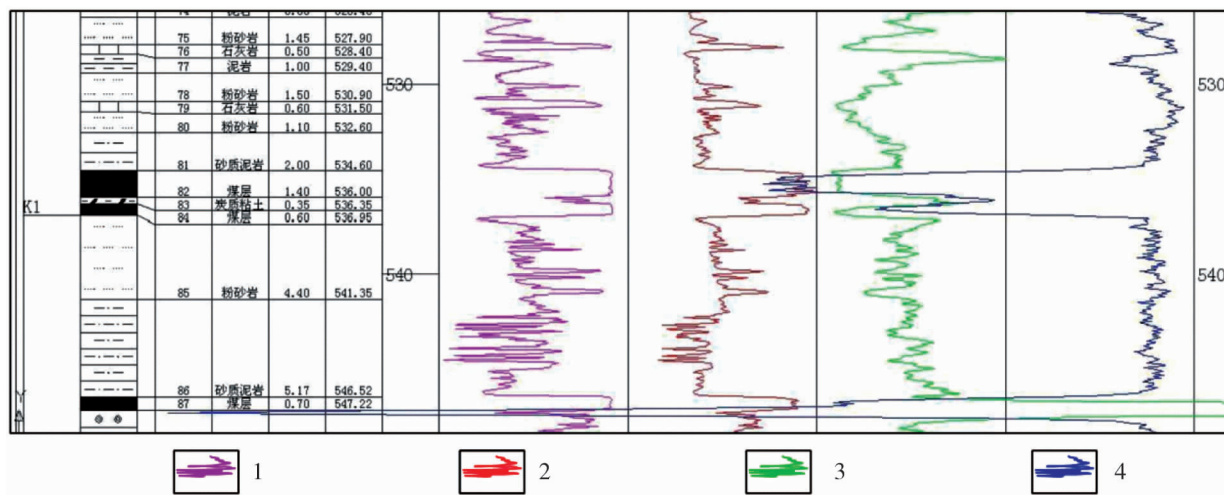


图2 遵义市习水县某煤矿三侧向电阻率和三侧向电流对煤层的定厚解释对比图

Fig. 2 Comparison of thickness determination explanation between three lateral resistivity curve and three lateral current curve in a coal field of Xishui county, Zunyi city

1—三侧向电流曲线;2—三侧向电阻率曲线;3—自然伽玛;4—伽玛伽玛

从图2可以看出,K1这层厚煤层,煤层好灰分小,所以三侧向电流和三侧向电阻率所测的曲线大致相同。底板在547.22 m处的薄煤层,三侧

向电流和三侧向电阻率曲线反应也相当的明显,顶底板界面清楚。

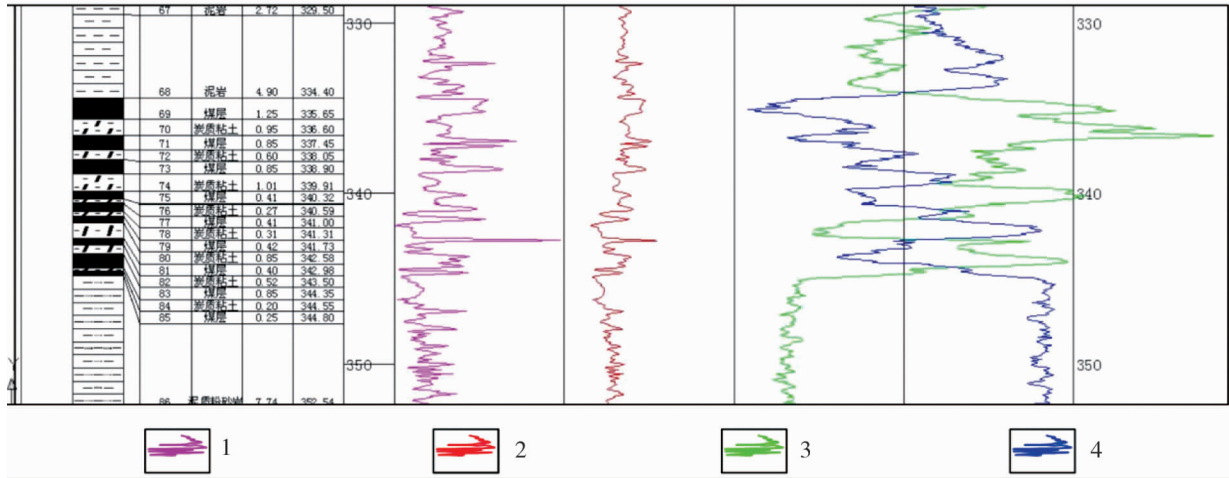


图3 黔西南州兴仁县某煤矿三侧向电阻率和三侧向电流对煤层的定厚解释对比图

Fig. 3 Comparison of thickness determination explanation between three lateral resistivity curve and three lateral current curve in a coal field of Xingren county, southwest Guizhou

1—三侧向电流曲线;2—三侧向电阻率曲线;3—自然伽玛;4—伽玛伽玛

从图3来看,当灰分比较大时,三侧向电阻率曲线反应较差,虽然也有反应,但是三侧向电阻率幅值不大,煤层反应不明显,顶底板界面不是很清楚。但三侧向电流曲线陡直、幅值大、顶底板界线明显。

总之,煤层定厚解释是煤田测井工作中非常重要的工作内容之一,其直接影响煤田测井的最终结果。选择一个好的电阻率曲线来进行煤层定厚解释,能使煤层厚度更接近真实值,本文提出用三侧向电流来代替三侧向电阻率进行煤层的定厚解释,希望在今后的煤炭勘探中,能帮助大家更加真实的掌握煤层厚度,更好的达到勘探效果。

6 结语

根据以上理论和实践可以得出,三侧向电流曲线具备了三个侧向电阻率曲线的优点,在煤质好灰分小的情况下,和三个侧向电阻率曲线一样,所测煤层的顶底板界线明显,但在灰分大煤质较差的情况下,比三个侧向电阻率反映效果好,顶底板界线更明显,所测煤层厚度更接近真实值。所测三个侧向电流曲线和三个侧向电阻率曲线是反向的,定厚时可以按负异常来解释,也可以把它镜像后按三个侧向电阻率曲线的方式来解释。这个并不影响煤层的定厚解释,综上所述,在煤层的定厚解释中可以用三个侧向电流来代替三个侧向电阻率作定厚解释。

[参考文献]

杜玉峰. 2009. 声波测井在鸡西煤田勘探中的应用[J]. 煤炭技术, (5): 142-143.

罗中文. 2014. 提高伽马伽玛曲线煤层定厚解释精度方法探讨[J]. 中国煤炭地质, 06. 16: 1674-1803

卜军, 赵锐, 丁文灿. 2017. 两淮煤田煤层测井定厚中的“台阶”问题[J]. 宿州学院学报, (6): 119-124.

任军. 2015. 大同煤田岩浆岩测井物性解释规律初步研究[J]. 山西科技, (1): 57-58, 59.

武雁玲, 王泰, 鄯润来. 2002. 山西宁武煤田侏罗纪含煤地层特征[J]. 山西煤炭, (2): 30-31, 33.

王大蒙. 2013. 乌议煤田测井中煤岩层的定性和定厚解释技术[J]. 科技风, (19): 137-137.

(下转第260页)