

# 基于测井曲线对甜水堡西部地区二叠系煤层识别与划分

刘登昊<sup>1</sup> 刘普鑫<sup>2</sup>

1.甘肃煤田地质局庆阳资源勘查院 甘肃庆阳 745000; 2.长江大学地球科学学院 湖北武汉 430000

**摘要:** 甘肃省环县西北部甜水堡地区具有丰富的煤炭资源, 查明研究区地质条件、沉积环境、使用钻井资料对于统筹规划煤炭资源的利用和提高资源采出率具有重要的意义。本次研究充分收集研究区域以往地质资料, 完成钻孔7个, 结合野外研究区地层露头观察, 依靠NG、GR、SP等测井曲线确定中厚煤层与薄煤层的分界线, 识别出研究区二叠系太原组煤层15层, 可采煤层8层, 为下一步对研究区煤炭资源合理规划与开发利用提供有力支撑。

**关键词:** 地质特征; 二叠系; 煤层; 测井识别

## 1 区域地质概况

研究区位于甘肃省环县西北部毗邻宁夏回族自治区吴忠市, 隶属于庆阳市环县甜水镇。南距环县92km, 西峰25 km, 西安521km, 距吴忠南部110km。位于甘肃省环县西北角与宁夏交界处。研究区地处陇东黄土高原, 地势高低起伏, 第四系黄土覆盖研究区地表大部分, 地势北东低、西南高, 山脉走向呈北西向, 北端地形较平坦, 丘陵低山区—中低山地地形在南部地区常见, 海拔最高1755m, 最低1575m, 相对高差180余米, 地形被强烈切割, 发育有大量冲沟, 垂直深度约10~120m不等。年平均降水量为408.9mm, 年平均霜期为197天, 年平均风速为1.8m/s, 年平均气温8.9℃<sup>[1]</sup>。

## 2 研究区地层出露情况

研究区内出露的岩石地层主要有青白口系: 王全口组; 后震旦系: 正目观组; 前寒武系: 阿不切亥组、胡鲁斯台组、陶思沟组、丹砂洞组、辛集组; 奥陶系: 米钵山组、马家沟组; 石炭系地层: 黄土坡组; 二叠系石潜凤群、石洞组、山西组、太原组; 三叠系: 白芨芨沟群和二马营组; 古近系: 清水营组地层以及第四系地层<sup>[2]</sup>。

## 3 研究区煤层的测井相识别

### 3.1 煤层测井曲线响应特征

研究区的煤炭以1/3焦煤为主, 水分较低, 以中灰为主。各种煤层在物理特性上通常呈现低密度、低放射性水平以及中等至高电阻率的特征。当与周围的煤系围岩相比较时, 伽玛-伽玛测量结果显示出较高的异常幅值, 而在自然伽玛曲线上则显现为较低的异常幅值。此外, 电阻率曲线显示煤层的幅值通常高于泥岩和粉砂岩。在自然电位曲线上, 中到厚煤层往往显示出负电位异常的现象<sup>[3]</sup>。

煤2层: 在伽玛-伽玛曲线上呈高异常反映, 自然伽玛(NG)曲线上呈对应的“箱峰状”低异常反映, 侧向电阻率(GR)曲线上呈“笔架峰状”高异常反映, 密度曲线(DNL)呈状高异常反映(见图3-1a)。煤3层: 结构较简单, 厚度较薄, 沉积不稳定的局部可采煤层, 在侧向电阻率(GR)曲线上呈“丘峰状”中高异常反映, 自然伽玛曲线(NG)上呈“丘峰状”低异常反映, 密度曲线(DNL)呈“双峰状”高异常反映(见图3-1b)。煤4-2层在侧向电阻率(GR)曲线上呈“单峰状”或“笔架峰状”高异常反映; 自然伽玛曲线(NG)幅值较低, 多呈犬牙交错状; 密度曲线(DNL)幅值有所升高, 多呈犬牙交错状(见图3-1c)。煤5-2层在侧向电阻率(GR)曲线上呈“单峰状”或“笔架峰状”高异常反映; 自然伽玛曲线(NG)呈“笔架峰状”低异常反应; 密度曲线(DNL)

呈“山字形”高异常反映(见图3-1d)。煤6-1层: 在侧向电阻率(GR)曲线上呈“笔架峰状”高异常反映; 自然伽玛曲线(NG)呈“单峰状”低异常反应; 密度曲线(DNL)呈“阶梯状”高异常反映(见图3-1e)。煤7-2层: 在侧向电阻率(GR)曲线上呈“双峰状”高异常反映; 自然伽玛曲线(NG)呈“单峰状”低异常反应; 密度曲线(DNL)呈“单峰状”高异常反映(见图3-1f)。煤8-2层: 在侧向电阻率(GR)曲线上呈“单峰状”高异常反映; 自然伽玛曲线(NG)呈“箱峰状”低异常反应; 密度曲线(DNL)呈“箱峰状”高异常反映(见图3-1g)。煤9-2层: 在侧向电阻率(GR)曲线上呈“单峰状”高异常反映; 自然伽玛曲线(NG)呈“单峰状”低异常反应; 密度曲线(DNL)呈“单峰状”高异常反映

### 3.2 煤、岩层的定性与定厚解释

煤层与其周围岩层有着极为明显的物性差异, 对煤层性质的确定本次研究使用1:200的长(短)源距、侧向电阻率和自然伽玛曲线。也就是说, 凡是在长(短)源距、侧向电阻率曲线上呈现为高或较高幅值。而在自然伽玛曲线上呈现为低幅值的层位都定性为煤层, 否则就不能定为煤层(个别煤层顶、底板可能出现自然伽玛异常除外)。

煤层厚度的确定是在煤层性质定义上的定量解释。本次勘探的煤层定厚采用的参数为: 长(短)源距(GGFR)曲线、自然伽玛(NG)曲线、侧向电阻率(GR)曲线。由于钻孔孔径扩大可造成长(短)源距(GGFR)曲线的假幅值, 因而煤层定厚解释必须有井径(CAL)曲线的配合。

根据原煤炭工业出版社出版的《煤田地球物理测井》和《煤田测井方法与数字处理》书中各参数对煤层分层定厚的方法, 结合本区的物性特点和以往工作的经验, 各种参数对煤层分层定厚的方法, 是按照以下原则在1:50的曲线上进行的:

长(短)源距(GGFR)曲线: 物性参数探测所得的GGFR曲线与煤层和岩层的密度有着密切的联系。鉴于煤层与岩层间存在显著的密度差别, 该曲线表现出的特征也相当明显, 因此它成了判断煤层特性和厚度的关键要素。对于厚度超过3.5米的煤层, 以围岩幅值的中心线作为参考基线, 并将煤层边界幅值的1/3至2/5位置作为确定煤层分层厚度的标准点; 而对于厚度在3.5米以下但超过1.35米的煤层, 则被视为中到厚煤层, 此时采用煤层界面幅值的2/5至1/2位置来定位分层定厚点。对于厚度在1.35米以下但超过0.75米的煤层, 使用煤层界面幅值的1/2至3/5位置来确定分层定厚点;

而厚度小于 0.75 米的煤层,则以煤层界面幅值的 3/5 至 2/3 位置为标准。另外,当散射伽马曲线上显示的煤层夹矸幅值超过煤层幅值的 2/3 时,这通常表明该现象仍属于煤层的一部分,仅代表灰分含量的增加,无需将其划分为新的分层。然而,如果夹矸幅值低于煤层幅值的 2/3,为了规避由于夹矸厚度小于源距可能造成的屏蔽效应,我们将在基线方向上额外绘制两条延长线,并标记两线交点上 1/3 的位置,以此作为确定煤层夹矸分层厚度的依据。

侧向电阻率 (GR) 曲线:普通视电阻率测井的电流从电极放射状流入地层,因而分辨率较低,而侧向电阻率测井采用上下屏蔽电极的电流使主电极的电流被聚焦成水平状流入地层,使得侧向电阻率测井具有极高的纵向分层能力。所以侧向电阻率曲线是煤层定厚分层的主要曲线,特别是煤层夹矸划分方面显得更为重要。其分层定厚点一般都在曲线的根部。但对于小于 0.75m 的薄煤层,解释点可适当上提。而视电阻率分辨率较低,煤层的分层定厚点一般选在根部到幅值的 1/3 点为煤、岩层界面点。

自然伽马 (NG) 曲线:其工作原理为测量地层中自然放射性的含量。自然伽马曲线的煤层分层定厚点选在煤层幅值 (反向) 的 1/3~1/2 点为煤、岩层界面点。

综上所述,在不扩径条件下的可以将煤层顶底板的泥岩、粉砂岩和细砂岩作为煤层与其围岩的界面节点。但是在勘探过程中,实际施工与测量得到的结果与这种接近理想化的条件和模式是有很大区别的,因此不同的情况还需要进行针对性的分析,并径的增大造成似煤幅值是移动分层界面点,还是另选参数,都要根据实际情况再做断定,才能得到合理、准确的解释结论。

按照《煤炭地球物理测井规范》的要求<sup>[5]</sup>,某一煤层的最终解释成果是取不同类型的参数对本煤层进行解释所得到的深度与厚度进行平均。岩层的识别与解释是在 1:200 的曲线上进行的。岩性分层的基本条件是不同的参数对应不同的岩性所测量出的数据是不相同的。在此,将不同岩性在各种参数上的响应值及变化规律进行简单叙述:

自然伽马 (NG) 曲线:岩层中不同粒度大小的岩石与其表面积具有极大的差异。对放射性元素的吸附能力也有强弱之分。因此,随着岩层中岩石粒度由小变大,放射性元素的含量则由高变低。在钻孔岩性剖面划分中,自然伽马曲线仅受到孔径扩大的影响,而且影响相对较小。所以说该曲线在岩性分层中是最主要的参数。

自然电位 (SP) 曲线:钻孔中自然电位主要来自于扩散及扩散吸附电位、过滤和氧化还原电位。也就是说,在具有渗透性的地层和个别煤层才有明显的反映,所以该曲线在划分粗、中粒砂岩层效果较好。另外理论上泥岩为自然电位的基线,因而对于岩层中的泥质含量也有所显示。

侧向电阻率 (GR) 曲线:测量原理上是伴随着岩石粒度的减小,视电阻率值也相应的减小。由于岩石的成份的不同、分选性的好坏、胶结物的类型、胶结的方式、胶结的程度等多方面的影响,侧向电阻率 (GR) 曲线没有较为固定的模式。但对大部分岩层也能反映出差异,配合其它曲线,视电阻率曲线在岩性分层中是一种不可缺少的参数。

长 (短) 源距 (GGFR) 曲线:在岩性分层解释中,由于非煤层的地质岩石密度变化不大,所以该曲线只做参考使用。

炭质泥岩的物性介于泥岩和煤层之间,其含碳量的变化范围较

大 (1%~59%),对于炭质含量较低的泥岩,其物性与泥岩差异很小,一般未做分层。而本次勘探所解释的炭质泥岩有以下特点:在长 (短) 源距曲线上,其幅值与煤层幅值相比,大于 1/3 幅值解释为薄煤层,而小于煤层幅值的 1/3,且在侧向电阻率曲线上有反映,在自然伽马射线曲线上呈现特征的层位,可被识别为含有炭质的泥岩。这些层位很可能含有煤线的迹象。同样地,当煤层中出现夹矸现象时,尤其是在长 (或短) 源距曲线中呈现出较高幅值的情况下,这样的夹矸也应当被识别为炭质泥岩。此外,在进行煤层对比分析时,即使某些层位因煤层的尖灭而未完全符合前述特征,若仍有迹象表明其存在,则这些层位也应解释为炭质泥岩<sup>[6]</sup>。

### 3.3 可采煤层

通过对该区太原组含煤地层的岩性、岩相、煤层组合规律及测井相的综合分析,本区太原组所含煤层可与区域及邻区宁夏宝丰能源集团四股泉煤矿太原组含煤特征相对比,研究区内可追踪对比的煤层有 15 层,自上而下编号分别为:煤 2 层、煤 3 层、煤 4-1 层、煤 4-2 层、煤 5-1 层、煤 5-2 层、煤 6-1 层、煤 6-2 层、煤 7-1 层、煤 7-2 层、煤 8-1 层、煤 8-2 层、煤 9-1 层、煤 9-2 层、煤 9-3 层、煤 9-4 层。

参照《矿产地质勘查规范煤》(DZ/T0215-2020)等相关规范,根据本次勘查钻探、测井成果资料,并结合邻区以往地质勘查资料,通过岩性对比分析确定本研究区有可采煤层共 8 层,其中煤 3、煤 5-2、煤 6-1、煤 7-2 为大部可采煤层;煤 2、煤 4-2、煤 8-2、煤 9-2 为全区可采煤层。

### 3.4 煤层对比可靠程度

本研究区虽然无基岩露头,煤层层数多,但煤 8-2 层在研究区煤层形态和煤层厚度变化不大,在主要赋存范围内,层位稳定,且顶板存在稳定的灰岩标志层、以及具有明显的、易于识别和对比的物性特征,对比依据充分,对比结果可靠;其他煤层主要是以煤 8-2 层为对比基础,依据邻近钻孔各煤间距稳定变化不大,且相邻钻孔煤层底板埋深沿走向、倾向变化规律明显,同时结合顶底板岩性,以测井曲线特征、自身特征和煤质特征作为辅助标志等综合确定,对比结果基本可靠。

## 4 结论

本次研究涉及钻井 7 口,总进尺 3706.18m;测井孔 7 个,共计实测 3683.96 米。通过野外露头观察,结合前人研究,测井曲线资料等,对煤层的测井曲线进行定性解释,划分了中厚煤层和薄煤层的界限,识别出二叠系太原组煤层 15 层,可采煤层 8 层,累计可采平均厚度 11.35 米。为甜水堡地区煤炭资源规划与开发提供可靠的地质依据。

## 参考文献:

- [1]许炳贤,马宝林.甘肃省环县甜水堡井田延安组含煤地层沉积环境分析[J].能源与环保,2020,42(01):81-86+90.
- [2]艾宁,任战利,李文厚,尚婷.宁夏沉积型磷矿成矿特征及资源潜力预测[J].地下水,2013,35(04):165-168.
- [3]丁占平,谭浩.地球物理测井在鄂托克前旗某井田勘探中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2020,(14):217-218.
- [4]申狄,陈朋磊,尹海涛,李军峰.青海省格尔木市乌腊德地区煤炭预查地球物理测井技术研究[J].能源与环保,2021,43(06):86-91.