

神木—双山地区古生界含气层系岩石地层划分

刘行军 路云峰 李香玲 陈翠雀

(中国石油集团测井有限公司长庆事业部, 陕西 西安 710201)

摘要:鄂尔多斯盆地东部神木—双山地区古生界地层含气层系多, 地层在横向及纵向上变化复杂, 为了更加准确评价该区域含气规模以及特征, 本文在岩石地层单元定义基础之上, 结合测井、地质等资料, 对神木—双山地区古生界含气层系岩石地层的划分进行了重新认识, 论述了各个含气层系及标志层的地质和测井响应特征, 讨论了测井资料在地层划分及对比时的优越性和不足之处。

关键词: 岩石地层; 地层界线; 标志层; 测井响应

中图分类号: P534.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2009)04-0790-10

鄂尔多斯盆地古生界天然气分布广, 近些年来在盆地东部的神木—双山地区加大了勘探开发力度, 主要是进行多层系复合勘探, 进一步落实太原组、山西组以及石盒子组含气规模, 评价本溪组、石千峰组以及马家沟组含气特征。随着天然气勘探层系的增加, 对神木—双山地区古生界岩石地层划分的进一步研究也日显重要, 笔者在前人研究基础之上, 结合测井、地质录井等资料对该区域古生界含气层系岩石地层划分进行了进一步分析, 通过对该区域古生界含气层系地层划分的研究, 有助于更加准确评价该区域的含气规模以及特征, 有助于寻找更有利于天然气储集的地层。

1 区域地质概况

鄂尔多斯盆地总体构造呈南北走向, 为东缓西陡的不对称箕状向斜, 经历了太古宙—古元古代基底形成阶段; 中晚元古代大陆裂谷发育阶段; 早古生代陆缘海盆形成阶段; 晚石炭世—中三叠世内克拉通盆地形成阶段; 晚三叠世—早白垩世前陆盆地发育阶段; 新生代盆地周缘断陷盆地形成阶段等六大构造演化阶段。根据基底性质、地质演化历史和构造特征, 盆地内可划分为: 伊盟隆起、渭北隆起、晋西挠

褶皱、伊陕斜坡、天环拗陷和西缘逆冲带 6 个构造单元^[1,2]。神木—双山地区位于鄂尔多斯盆地东偏北部, 地处陕西省榆林地区境内, 南北长约 96 km, 东西宽约 89 km, 面积约 8544 km², 区域构造位于伊陕斜坡东偏北部。

神木—双山地区古生界天然气主要赋存于太原组、石盒子组及山西组, 在本溪组、马家沟组以及石千峰组也可见含气层。早奥陶世该区域地势平缓, 形成了大面积稳定的马家沟组碳酸盐沉积, 受中奥陶世加里东运动的影响, 华北地块西部的鄂尔多斯古陆上升, 研究区中断了 0.13~0.15 Ga 的沉积, 缺失了中奥陶统一石炭统的地层, 形成了多种侵蚀地貌, 晚石炭世—早三叠世在地壳沉降与抬升的作用下, 经历了海陆交互沉积到陆相河流—三角洲—湖泊沉积演变, 自下而上形成了古生界本溪组、太原组、山西组、石盒子组及石千峰组地层^[3]。

2 含气层系地层主要特征及岩石地层划分

许多学者对鄂尔多斯盆地岩石地层划分进行过研究^[4-10], 1999—2000 年长庆油田公司勘探开发研究院与西北大学进行合作研究, 并在前人基础之上, 结

合油气田勘探开发生产实际,将古生界含气地层自下而上依次划分为下奥陶统马家沟组(O_{1m})、上石炭统本溪组(C_{2b})、下二叠统太原组(P_{1t})、下二叠统山西组(P_{1s})、中二叠统石盒子组(P_{2s})以及上二叠统石千峰组(P_{3q})^①。

岩石地层划分是地质工作的基础,岩石地层一般可划分为群、组、段、层 4 个正式的岩石地层单元,其中组是最基本的单元,《中国地层指南及中国地层指南说明书》中组的定义为:组是岩石地层单位的基本单位,组的重要特征是具有岩性、岩相或变质程度的一致性^[1];萨尔瓦多^[2]在 1994 年出版的《国际地层指南》中认为,组在岩石地层单位等级系列中属于中等级别的岩石体,可以根据其岩石特征和地层位置加以鉴别,可以根据一个地区地质复杂程度、所要求描述的岩石格架以及恢复地质历史所需要的详细程度而变化。随着沉积学的发展,在沉积盆地划分岩石地层的时候,地层形成的古地质环境越来越受到重视,而不仅仅是从岩性上来考虑地层的划分,还应研究地层在沉积体系及层序地层等时格架下平面上的展布情况,程裕淇^[3]在 1997 年已经明确地指出,现代地层学与沉积学相结合所进行的盆地分析,已成为中国地层学进一步发展的强大推动力。基于以上认识,结合测井、地质录井等资料对神木—双山地区古生界含气层系的岩石地层划分进行了重新认识,进一步论述了该地区古生界含气层系及标志层的地质特征、测井响应特征。

2.1 本溪组与马家沟组地层特征及划分界线

马家沟组厚 200~1556 m,厚度变化范围大,以灰色厚层状白云岩、灰岩、含燧石结核豹皮状白云质灰岩为主,夹少量泥质条带灰岩,见有石膏层发育,与下伏亮甲山组地层整合接触,马家沟组主要是在浅海及近海蒸发潮坪环境下形成。

马家沟组沉积之后,鄂尔多斯古陆上升,研究区中断了 0.13~0.15 Ga 的沉积,缺失了中奥陶统—下石灰统地层,形成了多种侵蚀地貌,本溪组是在侵蚀地貌上沉积而形成的,厚度 20~60 m,主要由紫红色铁质泥岩、灰白色铝土质泥岩、紫红色粘土岩组成,并夹有细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩以及粉砂质泥岩,在灰黑色泥岩及泥质粉砂岩中见菱铁矿结核,有 2~3 层海相泥灰岩、灰岩发育,与下伏马家沟组地层

呈平行不整合接触,本溪组沉积环境主要为海相三角洲以及障壁海岸沉积,灰岩的出现表明在本溪组沉积时期有明显的海侵。

本溪组与马家沟组的地层界线较容易划分。在本溪组的底部常常发育有铁铝岩层,由底部的山西式铁矿和其上 G 层铝土矿构成(图 1),厚度 2~15 m,该地区的 G 层铝土矿即产于下奥陶统古侵蚀面之上,上石炭统之中的古风化壳型铝土矿^[4],在早先一些奥陶系风化地壳的溶斗、溶坑、溶洞地带,沉积堆积的风化物由于淋滤、脱硅等作用产生了高铁的铝土矿,风化的粘土矿物沉积时对铀、钍的吸附作用强,在加上沉积环境的变化,在氧化还原过渡带内六价的铀常被还原成四价铀而沉淀下来,产生了铀元素的富集,进一步形成了本溪组高自然伽马地层。神木—双山地区铁铝岩层在测井曲线上有明显的特征,因铁矿层导电性较好,深侧向视电阻率值一般从几个到几十欧姆米,砂泥岩光电吸收截面指数 2~4 巴/电子,铁矿层光电吸收截面指数大于这一数值,数值高时可达十几个巴/电子,密度值大于 2.9g/cm³,数值高时可达 5.0g/cm³,铁铝岩矿自然伽马最高值可达 500 API 以上,铀的最高值可到 70×10⁻⁶ 以上(图 2),以上这些测井参数随着铁铝岩矿的富集程度有

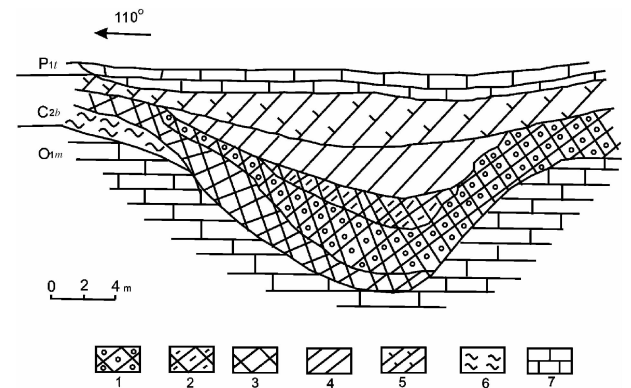


图 1 华北地台河南新安县张窑院溶斗状铝土矿床地质剖面

1—豆鲕状铝土矿;2—致密状铝土矿;3—半粗糙状铝土矿;4—高岭石粘土岩;5—铝土质高岭石粘土岩;6—铁质页岩;7—石灰岩

Fig.1 Geological section of the Zhangyaoyuan corroded funnel bauxite deposit in Xin'an County, Henan Province North China Platform

1—Oolitic bauxite; 2—Massive bauxite; 3—Coarse bauxite; 4—Kaolin claystone; 5—Bauxitic Kaolin claystone; 6—Ferric shale; 7—Limestone

①付锁堂,范正平,孙六一,等.鄂尔多斯盆地上古生界天然气富集规律研究.长庆油田分公司勘探开发研究院,2000.

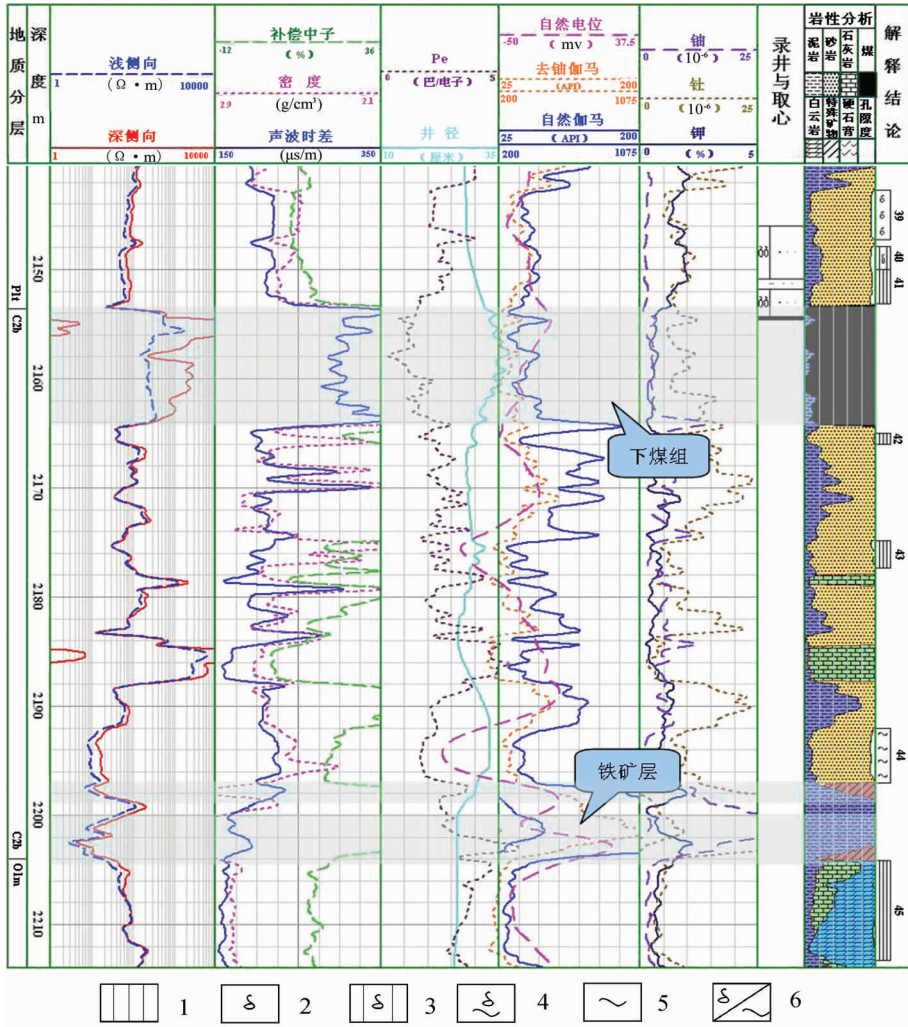


图2 双73井2140~2214m测井综合图

1—干层;2—气层;3—差气层;4—含气水层;5—水层;6—气水同层;O_{1m}—下奥陶统马家沟组; C_{2b}—上石炭统本溪组;P_{1t}—下二叠统太原组

Fig.2 Comprehensive well logging diagram of Shuang 73 well 2140 ~ 2214m in depth
1-Dry bed; 2-Gas bed; 3-Differential gas bed; 4-Gas-, water-bearing bed; 5-Water bed; 6-Gas and water coexistent bed;
O_{1m}-Upper Ordovician Majiagou Formation; C_{2b}-Upper Carboniferous Benxi Formation;
P_{1t}-Lower Permian Taiyuan Formation

所变化。

尽管本溪组的底部通常发育有特殊的铁铝矿物,但是这些特殊矿物不是在研究区每个井区都有,在缺少特殊矿物标志层的情况下,再加上下奥陶统特殊的碳酸盐风化地貌,便产生了砂泥岩与碳酸盐岩共同沉积的地层,这些砂泥岩通常充填在碳酸盐岩的孔洞之中,这时马家沟组与本溪组的地层界线就不明显了,划分出的地层界线往往也因人而异。笔者认为,在这种情况下就要判断地层是含碳酸盐岩的成分多一些,还是砂泥岩成分多一些,根据岩石

地层划分时岩性岩相一致性的原则,如果地层中碳酸盐岩成分多一些,就将地层划入马家沟组,反之就划入本溪组。

2.2 太原组与本溪组地层特征及划分界线

太原组厚度 20~280 m,是一套海陆交互沉积的地层,主要由黑灰色粉砂质泥岩,泥岩、煤层及厚层的石英、长石砂岩组成。在粉砂质泥岩以及泥岩中见海百合茎及双壳类化石,并见有菱铁矿以及赤铁矿结核发育。煤层主要是 6 及 7 号煤,主要的砂岩段为七里沟砂岩,七里沟砂岩是一套灰白色厚层的石英、

长石砂岩,横向上常不稳定。

陕西省地质矿产厅 1997 年将太原组的底界定在铁铝岩层的顶面;在以前许多学者研究基础之上长庆油田公司结合实际油田气生产实际,2001 年提出了新的划分方案,将原来属于太原组的晋祠段砂岩、吴家峪灰岩以及下煤组的地层归入本溪组,并且将下煤组的顶界定为太原组的底界,下煤组由 8、9 号煤层组成,有时 8、9 号煤合为单一的煤层,地层出现稳定,分布普遍,厚度大,结构简单,可作为广泛的地层对比标志层(图 2)。煤层在测井曲线上特征明显,神木—双山地区本溪组顶部的煤层自然伽马为低值,一般为 20~65 API,深侧向视电阻率值一般从几百到几千欧姆米,声波时差值大于 290 μs/m,光电吸收截面指数小于 1.6 巴/电子。

2.3 山西组与太原组地层特征及划分界线

山西组厚度为 60~120 m,主要由暗灰色泥岩、粉砂岩、泥质砂岩、煤层以及浅灰色、灰色、灰白色、灰黑色含砾粗砂岩、粗砂岩、中—细砂岩组成(图 5)。暗灰色泥岩、粉砂岩中含有植物碎片及少量菱铁矿结核,山西组底部发育北岔沟砂岩(山²砂岩),北岔沟砂岩主要由一套灰白色粗—中粒岩屑石英砂岩、石英砂岩组成,见少量细砾岩。北岔沟砂岩自然

伽马值一般为 51~81 API,声波时差值 205~225 μs/m,补偿中子值 10%~13%,密度值 2.51~2.65g/cm³,光电吸收截面指数为 1.8~2.4 巴/电子,深侧向视电阻率值 54~135 Ω·m,砂体自然伽马曲线形态为箱形—齿化箱形、钟形—齿化钟形(图 3)。山西组煤层由 1~5 号煤层组成,由 4、5 号煤层组成了中煤组(图 3~4),1~3 号煤层及其间的砂页岩组成了上煤组地层,北岔沟砂岩一般为中煤组的底板,北岔沟砂岩和中煤组常被并归为一个岩石地层单位,称北岔沟段。

山西组底界一般情况下是比较明显的,以北岔沟砂岩为其底界,但是有时北岔沟砂岩不发育,在这种情况下划分地层时,可以参考以下几点:① 太原组为一套海陆交互沉积地层,而山西组已经进入到陆相或者近海陆相沉积环境,这两种沉积环境下泥岩及粉砂质泥岩的放射性有较大差别,通常情况下海陆交互沉积泥岩铀含量要比陆地相泥岩高,且两种沉积环境下铀含量和钍含量比值变化明显,据统计研究,陆相环境下泥岩 th/u>7,海相灰色页岩 th/u<7,海相黑色页岩 th/u<2^[15];② 太原组发育有灰岩,在山西组及山西组以上地层中灰岩一般就不发育了,灰岩是在浅海环境下沉积的,根据瓦尔特相率,在正常沉积条件下,浅海环境不会直接转变到陆

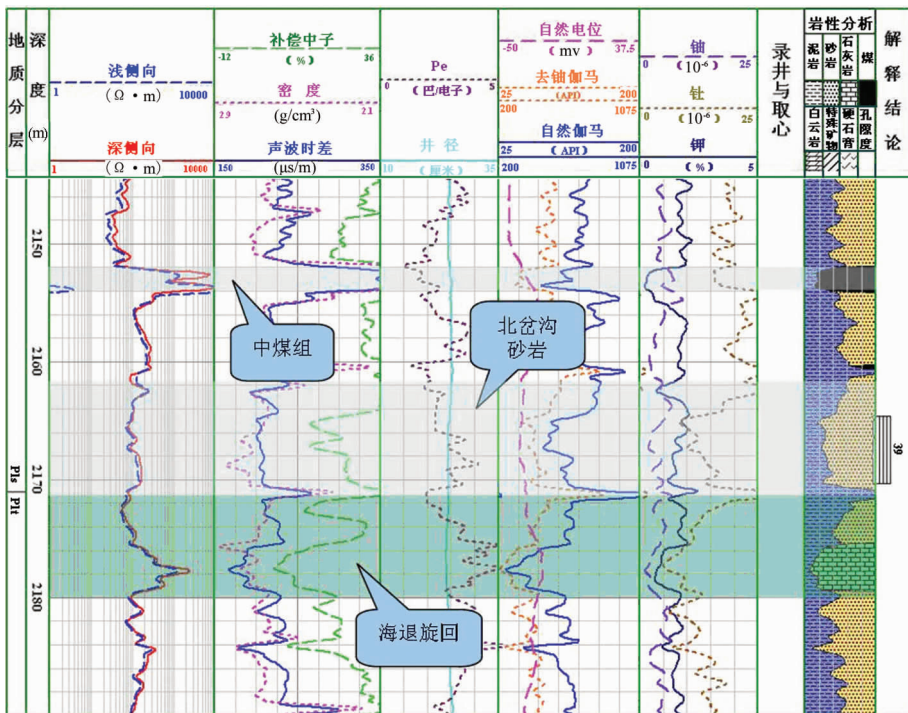


图 3 双 26 井 2144~2190 m 测井综合图

Fig.3 Comprehensive well logging diagram of Shuang 26 well 2144 ~ 2190 m in depth

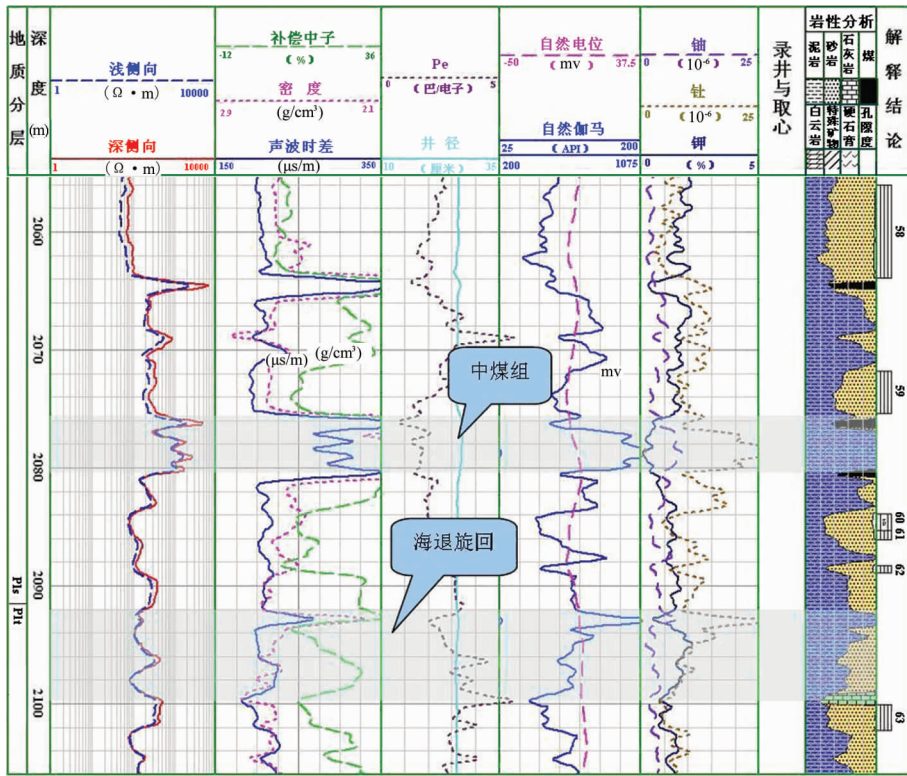


图4 府5井 2055~2106 m 测井综合图

Fig.4 Comprehensive well logging diagram of Fu5 well 2055 ~ 2106 m in depth

相的地层,在灰岩沉积之上一般会有近海沼泽、海相三角洲或障壁海岸体系沉积的地层,这些环境下沉积的地层通常是泥岩、泥质粉砂岩以及煤层,所以山西组底部一般应划分在海退旋回形成的泥岩、泥质粉砂岩或煤层的顶部(图3~4)。

③ 太原组灰黑色粉砂质泥岩及泥岩中菱铁矿以及赤铁矿结核发育,而在山西组暗灰色泥岩、粉砂岩中只见少量菱铁矿结核。

2.4 石盒子组与山西组地层特征及划分界线

石盒子组厚度 220~460 m,主要由灰绿色、灰黄色、灰色、黄绿色砂质泥岩、粉砂质泥岩、中—细粒砂岩、粗砂岩、含砾粗砂岩组成(图5)。在泥岩及粉砂质泥岩中含植物化石,在中粗砂岩、含砾粗砂岩砂岩中见交错层理发育,石盒子组底部的砂砾岩及砂岩组成的旋回常被称为骆驼脖砂岩(盒8砂岩),该砂岩之上是一套浅黄色及黄绿色的砂泥岩。骆驼脖砂岩自然伽马值一般为 45~67 API, 声波时差值 205~245 μ s/m, 补偿中子值 12%~17%, 密度值 2.47~2.62 g/cm^3 , 光电吸收截面指为 1.8~2.5 巴/电子, 深侧向视电阻率值 32~112 $\Omega \cdot m$, 砂体自然伽马曲线形态为钟形、箱形—齿化箱形(图6)。

在石盒子组中部,常见有紫色的粉砂质泥岩,因受铁质侵染而呈粉红色,称桃花泥岩或紫斑泥岩(盒5泥岩),位于下石盒子组顶部,是识别上、下石盒子段的标志层,桃花泥岩自然伽马值一般为 85~115 API, 声波时差值 227~262 μ s/m, 补偿中子值 22%~33%, 密度值 2.59~2.68 g/cm^3 , 光电吸收截面指为 2.8~3.1 巴/电子, 深侧向视电阻率值 9~25 $\Omega \cdot m$, 该段自然伽马曲线形态呈较高值的锯齿状(图7)。

石盒子组底部的骆驼脖山岩特征明显,是一套灰绿色、黄绿色含砾粗—中细粒的砂岩。而山西组地层的颜色一般是灰色、灰黑色。但是,如果没有地质录井所提供的岩屑以及取心特征,且山西组山1段砂体发育靠近石盒子组底部,在这种情况下划分山西组与石盒子组界线时,可以参考以下几点:① 山西组为近海陆相沉积环境,泥岩以及砂粉质泥岩中铀、钍的含量较高,而石盒子组主要是陆相辫状河—辫状河三角洲—湖泊相沉积,地层中钾的含量要高一些;② 骆驼脖砂岩的厚度一般要大于山1段砂体的厚度,且砂体粒度由底部向上变细旋回特征明显(图6)。

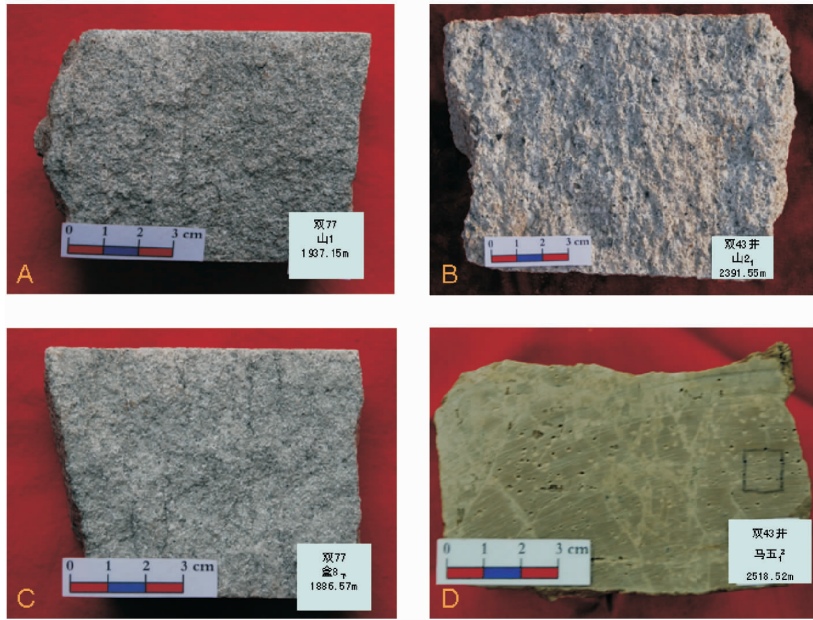


图 5 双 43 和双 77 井山西组、石盒子以及马家沟组含气层岩心照片

A—双 77 井山西组山 1 段中-粗砂岩, 岩心较疏松, 断面干燥; B—双 43 井山西组山 2 段砾状粗粒砂岩, 岩心较致密, 断面干燥; C—双 77 井石盒子组 8 段含砾中-粗砂岩, 岩心较疏松, 断面干燥; D—双 43 井马家沟组含灰白云岩, 岩心溶孔发育, 被白云石、方解石半充填

Fig. 5 Gas-bearing rock core picture of Shuang 43 well and Shuang 77 well in Shanxi, Shihezi and Majiagou formations

A—Shan1 Member of Shanxi Formation in Shuang 77 well: intermediate-coarse grained sandstone, with rock core rather loose and section dry; B—Shan 2 Member of Shanxi Formation in Shuang 43 well: coarse-grained pebble sandstone, rock core compact, section dry; C—He 8 Member of Shihezi Formation in Shuang 77 well: pebble-bearing intermediate-coarse grained sandstone, rock core loose, section dry; D—Majiagou Formation in Shuang 43 well: gray dolomite, with well-developed solution holes, which are half filled with dolomite and calcite

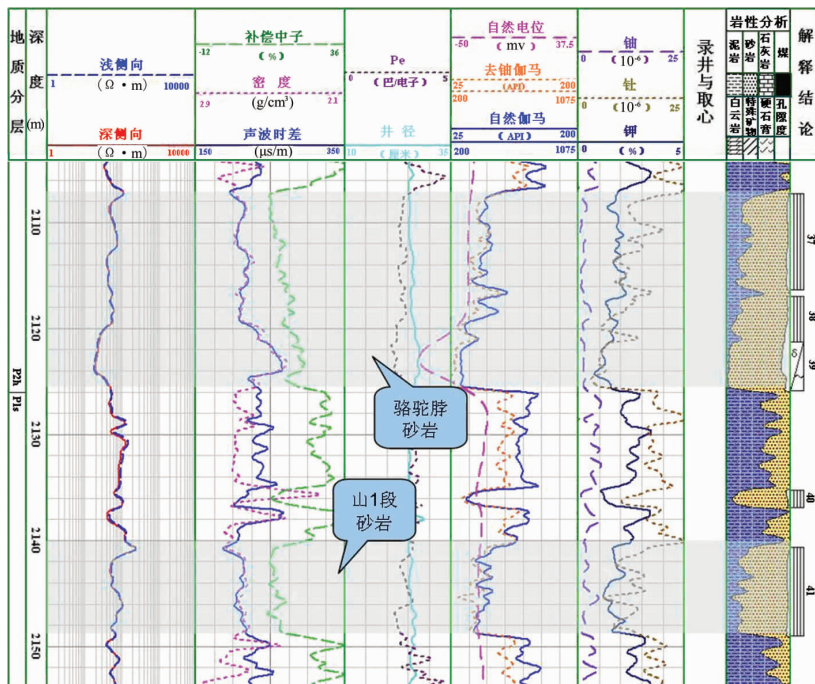


图 6 双 62 井 2104~2154 m 测井综合图

Fig.6 Comprehensive well logging diagram of Shuang 62 well 2104~2154 m in depth

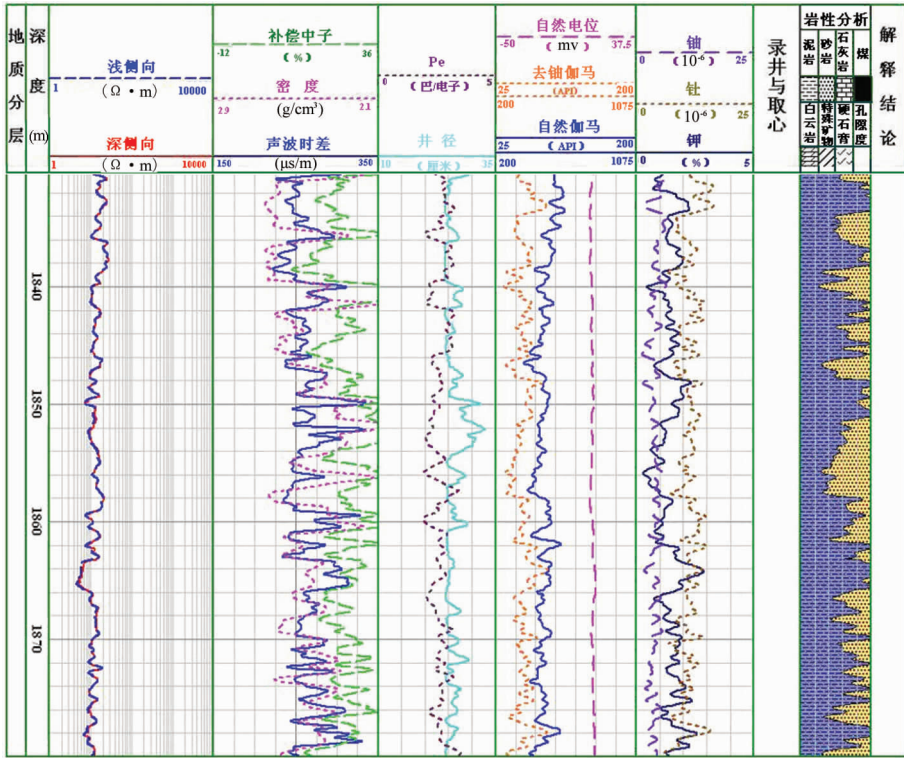


图7 双45井1830~1880 m测井综合图

Fig.7 Comprehensive well logging diagram of Shuang 45 well 1830~1880 m in depth

2.5 石千峰组-石盒子组地层特征及划分界线

石千峰组厚度为 200~350 m,主要由紫红色、砖红色、浅灰绿色泥岩、粉砂质泥岩、中粒砂岩组成,并可见粗砂岩以及细砾岩(图 8~9)。钙质结核在石千峰组的不同层段均有产出,但以顶部发育。石千峰组的钙质泥岩段,常是古脊椎动物化石的重要产出层位。从钙质泥岩开始,逐渐过渡为交错层理发育的红色、浅灰红色长石砂岩、粉砂质泥岩,预示着已进入三叠纪沉积。

在石盒子组的顶部发育有硅质层,从硅质层开始,紫褐色的砂泥岩常变为鲜红色的砂泥岩,是野外区别石盒子组和石千峰组的重要表层。硅质层有时不止一层,有一些区段,常以其间的一层砂岩为界,将硅质层分为两部分,故在石千峰组底部有时也有硅质岩存在。

3 问题讨论

区域地质调查常选择地层出露较为齐全的剖面来进行岩石地层划分,但在实际中地层往往只有部分出露,或者在地下深处,这样地质工作者很难展开

地层的划分工作。测井资料提供了地层的多种物理特性,并且是连续的地层物理信息,具有采集精度高,数据量大的特点,不同的地层特征有着不同的测井响应特征,因此,在岩石地层单元定义的基础上,可以利用测井曲线特征来进行岩石地层的划分。测井响应特征是地层岩性、所含流体特征等物理特征的间接反映,测井资料有着自身的局限性,主要表现在:①取心和露头可以直接观察到岩石的颜色、结构和构造特征,而测井资料不能反映或者很有限的反映地层的上述特征。②地层古生物特征不能通过测井资料反映出来,从而无法通过测井资料确定地层的年代。③单井测井资料在横向上的探测范围很有限。④由于测井仪器本身的用途、测量范围和精度的限制,使得测井仪器采集得到的地层信息有着局限性。⑤在一些沉积相渐变地带,测井资料反映的地层界线往往不明显,如海陆过渡相—近海陆相转变的地带。所以,在利用测井资料划分地层时应结合录井、取心、地震勘探等多种资料,这样才可以得出较为合理的地层划分结论。

组是岩石地层单位的基本单位,其重要特征是

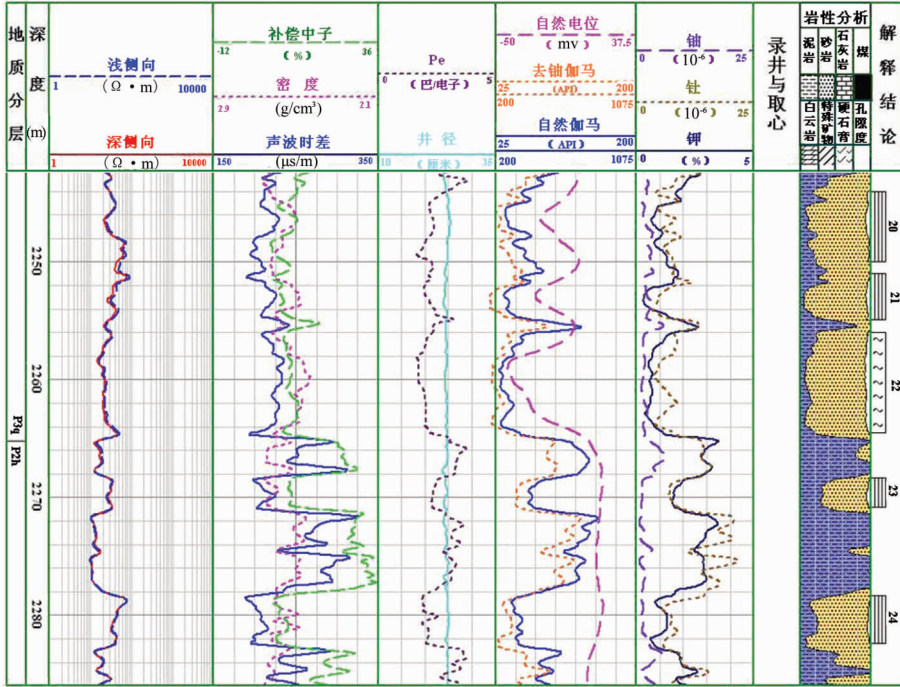


图 8 双 42 井 2242~2286 m 测井综合图

Fig.8 Comprehensive well logging diagram of Shuang 42 well 2242~2286 m in depth

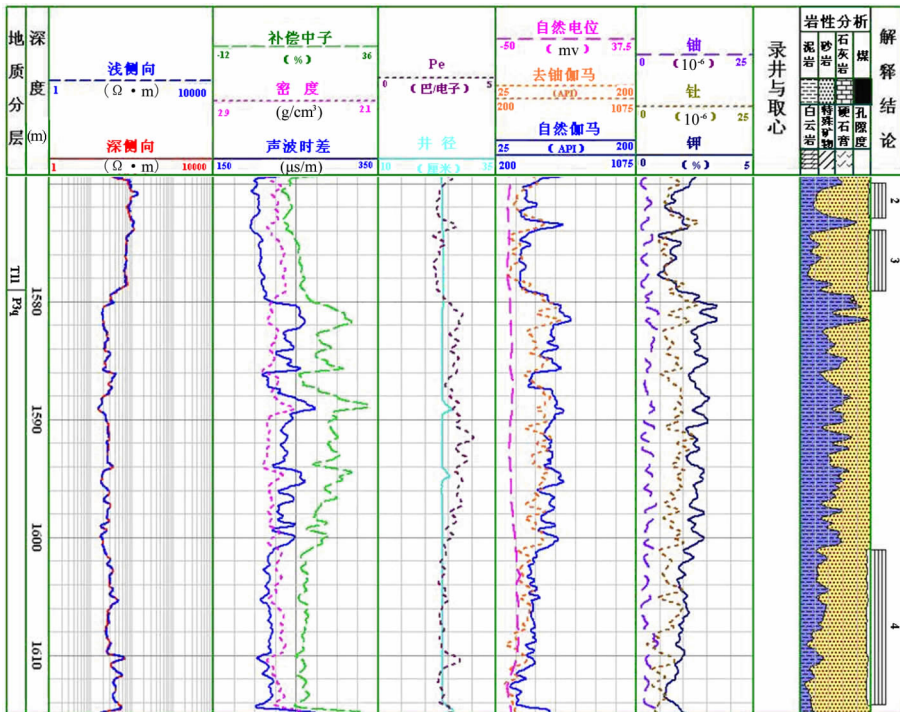


图 9 双 88 井 1570~1615 m 测井综合图

Fig.9 Comprehensive well logging diagram of Shuang 88 well 1570 ~ 1615 m in depth

具有岩性、岩相或变质程度的一致性,根据岩石地层单元组的定义,岩性一致或相似的地层可以划分为一个组;不同的岩性以一定的规律组合在一起可以划分为一个组;在一定的沉积环境下形成的一套地层也可以划分为一个组。因此,同一组地层的测井响应特征在垂向上的组合有一定的规律,在实际的生产中,可根据实际情况,依据岩石地层划分原则,考虑多种因素,划分出的地层应方便实际应用和研究。此外,多井间的地层对比在地层划分时是很有必要的,多井间地层对比一方面可以追踪砂体在横向上的延伸方向,另一方面也可以检验单井地层划分是否合适。

4 结 论

鄂尔多斯盆地东部神木—双山地区古生界含气层系多,地层在横向及纵向上变化复杂,本文在岩石地层单元定义基础之上,结合测井、地质等资料,对该区古生界含气层系的岩石地层划分进行了分析,论述了该区古生界含气层系及标志层的地质和测井响应特征,通过对该区地层划分的研究,有助于更加准确地评价该区的含气规模以及特征,有助于寻找更有利于天然气储集的地层,更好地为鄂尔多斯盆地东部天然气勘探提供基础地质研究成果,此外,笔者进一步探讨了测井资料在地层划分方面的优越性及不足之处,分析认为在利用测井资料进行地层划分时,应在岩石地层单元定义基础之上,多种资料综合分析,这样才可以得出较为合理的地层划分结论。

参考文献 (References):

- [1] 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2003.
He Zixin. Ordos Basin Evolution and Oil and Gas [M]. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 2003 (in Chinese).
- [2] 孙国凡, 谢秋元. 鄂尔多斯盆地演化叠加与含油气性—中国大陆板块内部一个大型盆地的原型分析[J]. 石油与天然气地质, 1986, 7(4): 357—367.
Sun Guofan, Xie Qiuyuan. The evolution superposition of Ordos Basin and oil and gas—the analysis of a large-scale basin prototype in Chinese internal plate [J]. Oil and Gas Geological, 1986, 7 (4): 357—367(in Chinese with English abstract).
- [3] 陕西省地质矿产厅. 陕西省岩石地层 [M]. 北京: 地质出版社, 1997.
Department of Geology and Mineral Resources of Shaanxi Province. Shaanxi Province Rock Strata [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997 (in Chinese).
- [4] 王钟堂. 山西太原组、山西组的穿时性与石炭系、二叠系界线[J]. 煤田地质与勘探, 1987, (3): 15—19.
Wang Zhongtang. The interweaving of Taiyuan and Shanxi formation and the boundary of Carboniferous, Permian in Shanxi province[J]. Coal Geology & Exploration, 1987, (3): 15—19(in Chinese with English abstract).
- [5] 杜宽平. 对太原西山月门沟煤系的新见 [J]. 地质论评, 1958, 18 (2): 119—128.
Du Kuanping. The new comments of Yuemengou coal formation on Xishan in Taiyuan. Geological Review [J]. 1958, 18 (2): 119—128(in Chinese with English abstract).
- [6] 杜宽平, 沈玉蔚. 太原西山上古生代地层划分[J]. 地质科学. 1959, (7): 209—213.
Du Kuanping, Shen Yuwei. The division of upper Paleozoic strata on Xishan in Taiyuan. Geological Sciences [J]. 1959, 7, 209—213.
- [7] 刘鸿允, 董育培, 应思淮. 太原西山上古生代含煤地层研究[J]. 科学通报. 1957, (11): 339—340.
Liu Hongyun, Dong Yukai, Yingsihuai. The research of upper Paleozoic coal strata on Xishan in Taiyuan [J]. Chinese Science Bulletin. 1957, (11): 339—340.
- [8] 刘鸿允, 应思淮. 太原西山上古生代含煤地层 [J]. 中国科学院地质研究所集刊, 1961, (7): 29—55.
Liu Hongyun, Yingsihuai. The upper Paleozoic coal strata on Xishan in Taiyuan [J]. Institute of Geology, Chinese Academy of Science journal list, 1961, (7): 29—55(in Chinese).
- [9] 金玉珩, 王向东, 尚庆华, 等. 中国二叠纪年代地层划分和对比[J]. 地质学报. 1999, 73(2): 97—108.
Jin Yugan, Wang Xiangdong, Shang Qinghua, et al. The division and contrast of Permian strata in China [J]. Acta Geological Sinca, 1999, 73 (2): 97—108(in Chinese with English abstract).
- [10] 李克勤. 长庆油田石油地质志卷十二[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992.
Li Keqin. The Study of Changqing oil Field Geological. (Volume 12) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992 (in Chinese).
- [11] 中国地层委员会. 中国地层指南及中国地层指南说明书[M]. 北京: 科学出版社, 1982.
China Formation Committee. The Guidelines of China Strata and the Manual of China Strata Guidelines [M]. Beijing: Science Press, 1982 (in Chinese).
- [12] H.D.赫德伯格著. 张守信译. 国际地层指南[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
Hedberg H D. Translated by Zhang Shouxin The guidelines of international formation [M]. Beijing: Science Press, 1979(in Chinese).
- [13] 山西省地质矿产厅. 山西省岩石地层 [M]. 北京: 地质出版社, 1997.
Department of Geology and Mineral Resources of Shanxi Province. Shanxi Province Rock Strata [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997 (in Chinese).
- [14] 赵社生, 柴东浩, 李国良. 山西地块 G 层铝土矿同位素年龄及其

地质意义[J]. 轻金属, 2001, 8:5-8.

Zhao Shesheng, Chai Donghao, Bei Guoliang. The isotope age and its geological significance of G bauxite mine in Shanxi block [J].

Light Metal, 2001, 8:5-8(in Chinese with English abstract).

[15] 李斌凯, 马海州, 谭红兵. 自然伽马测井与伽马能谱测井的应用

现状[J]. 盐湖研究, 2007, 15(4):20-26.

Li Binkai, Ma haizhou, Tan Hongbing. The application of the gamma logging and natural gamma-ray spectrometry logging [J].

Salt Lake Research, 2007, 15 (4):20-26 (in Chinese with English abstract).

The division of the Paleozoic strata in Shenmu-Shuangshan area

LIU Xing-jun, LU Yun-feng, LI Xiang-ling, CHEN Cui-que

(Changqing Division, Well Logging Co. Ltd., China Petroleum Group, Xi'an 710201, Shaanxi, China)

Abstract: There exist many gas formations in the Paleozoic strata of Shenmu-Shuangshan area within eastern Ordos Basin. Horizontal and vertical variations in these formations are complex. In order to make an accurate evaluation of the sizes and characteristics of the gas formations, this paper deals with the division of the formation on the basis of the definition of the stratigraphic unit in combination with the logging and geological data. Logging and geological features of the gas formation and the index horizon as well as advantages and shortcomings of applying logging data in the division of gas formations are also discussed in detail.

Key words: rock and strata; stratigraphic boundary; index horizon; logging response

About the first author: LIU Xing-jun, male, born in 1975, mainly engages in the interpretation of petroleum logging data; E-mail: liuhangjun@tom.com.