

大吉区块煤层气地质录井技术应用

臧 硕*

(大庆钻探地质录井公司,黑龙江 大庆 163000)

摘 要:鄂尔多斯盆地煤层气资源蕴含丰富,随着开采技术的不断进步,成为我国非常规资源上储增产的重要基地之一,在大宁—吉县区块部署D22井,通过应用岩屑录井、综合录井、异常录井和绳索取芯等技术,获取了该区块详细的地质分层情况,论述了气藏含气性及储层生、储、盖层发育特征。从而为大宁—吉县区块储层特征、开展储层含气性评价提供了可靠依据,为储量计算提供了主要参数。

关键词:鄂尔多斯盆地;煤层气;地层分层及特征;地质录井技术;含气性

中图分类号:TE142 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-5716(2025)01-0044-04

我国2000m以深煤层气资源量 $34\times 10^{12}\text{m}^3$,开采前景十分广阔。其中鄂尔多斯盆地煤层气资源量 $23.6\times 10^{12}\text{m}^3$,目前盆地年开采产量已达到 $50\times 10^8\text{m}^3$ 以上,随着煤层气勘探开发技术的不断进步,产量不断攀升,成为我国非常规油气资源增储上产的重要基地之一。

1 构造概况

鄂尔多斯盆地现今构造格局始于中燕山期,发展形成于喜山期。在燕山—喜山期构造抬升运动作用下,形成盆地。现今南北翘起、东翼缓而长、西翼短而陡的不对称向斜构造面貌。依据现今构造特征,盆地分为六大构造单元:自西向东为西缘冲断带、天环坳陷、伊陕斜坡、晋西挠褶带,南、北为渭北隆起和伊盟隆起。

大宁—吉县区块整体呈现为“一隆一凹两斜坡”的基本构造格局,即中部的桃园背斜带、蒲县凹陷带、东部的明珠斜坡带和西部斜坡带。以桃园断层为界,中部的桃园背斜带、蒲县凹陷带、东部的明珠斜坡带属于晋西挠褶带南段,西部斜坡带属于伊陕斜坡带东部,为一大型宽缓斜坡区,D22井位于西部斜坡带。

2 地质录井要求

2.1 岩屑录井

钻井二开至井底进行岩屑录井、气测录井、钻时录井以及钻井液录井。

录井井段:二开—井底。录井间距:每2m取样一包,煤层段每1m取样一包。严格按照迟到时间定点捞

砂,并将岩屑洗净晾干,妥善保管,要求每包砂样干重不少于500g。对特殊岩性、油气显示段岩屑做岩样汇集。有关要求如下:

(1)按照中石油煤层气公司的有关要求,非目的层迟到时间测量每100m实测一次,目的层每50m实测1次迟到时间,如遇停泵、变泵,应及时校正迟到时间。

(2)岩屑捞取应在振动筛处进行,且清洗干净,做到量足有代表性。

(3)描述工作须及时、准确、合理,对煤屑的描述应结合取芯情况准确划分含气级别。

(4)岩(煤)屑现场保管同岩芯录井。

2.2 综合录井

2.2.1 录井基本要求

录井项目:钻时、气测。仪器型号:SK-2000FC或SK-2000C(可用同等及以上配置的仪器)。录井井段:二开—井底。录井间距:全井段1点/0.2m。

2.2.2 工程参数

录井项目:钻井液参数、钻压、泵压、排量、大钩负荷、钻头位置等。

录井仪器(传感器等)安装:钻井队必须配合录井队安装好各种传感器及录井设备,保证正常使用。

(1)严格控制失水,提高滤饼质量,防止井壁垮塌。

(2)二开后至进入目的层以前钻井液以防垮、防漏、防水涌、防喷为主,可根据现场实际情况由甲方监督进行调整相对密度和粘度。

* 收稿日期:2024-09-19

作者简介:臧硕(1988-),男(汉族),吉林松原人,工程师,现从事地质录井技术管理工作。

(3)进入目的层后至完钻井深要求采用合适的钻井液钻开煤层。

(4)为保证地质录井油气显示准确性,严禁在全井段钻井液中使用含有荧光的处理剂。

(5)管好用好固控设备,确保煤层井段不受钻井液固相污染。

(6)目的层段钻井液中不允许加入高聚物处理剂和不溶性无机物。

2.2.3 气体参数

录井项目:全烃含量、组分分析(甲烷、乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、异戊烷、正戊烷、二氧化碳、氢气和硫化氢、一氧化碳)。

测量间距:全烃、组分分析连续测量。

2.3 异常录井情况

(1)钻时突然加快时,注意每0.2m一点记录小钻时,必须及时停钻循环,观察岩屑及气测值变化,以决定是否取芯。

(2)气测值大幅升高时,注意观察记录钻井液池面气侵等异常显示。

(3)如遇井漏时,及时观察记录钻井液池面变化,记录漏失量及漏失前后钻井液性能、堵漏等情况。

(4)钻井液密度降低时,加密密度、粘度录井并注意观察其它现场异常显示,如槽池液面油花气泡、溢流、井涌、井喷等显示。

2.4 绳索取芯

煤层段进行绳索取芯,取芯深度参考值为1077~1099m、1159~1173m,全井计划进尺36m,取芯设计如表1所示。

表1 D22井钻井取芯需求表

井号	层位	预计取芯井段(m)	取芯进尺(m)	取芯原则	岩性
D22井	5 [#] (包括5-1 [#])	1080~1103	23	按“取芯要求”执行	煤层、顶底板
	8 [#]	1165~1180	15		煤层、顶底板
	合计		38		

2.4.1 取芯要求

(1)主煤层顶以上2m开始取芯,取至主煤层底以下1m(穿鞋带帽);

(2)采用低密度低固相钻井液取芯,减少对煤层伤害,保证煤芯质量;

(3)煤层段要求采用半合式取芯内筒,煤芯直径不

小于68mm,全井煤层取芯收获率≥80%,单煤层取芯收获率≥90%,从割芯到取芯内筒离开井口时间不超过20min,从取芯内筒离开井口到煤芯装入解吸罐的时间不超过10min。解吸之后要求对煤层从宏观到微观解吸详细描述;

(4)单筒取芯进尺由现场甲方监督或地质技术员确定;

2.4.2 不得钻开煤层的情况

(1)钻井液性能不符合二开设计要求;

(2)煤芯解吸罐没有准备好,或解吸操作人员未到场;

(3)气测仪发生故障或泥浆槽、振动筛、除砂器工作不正常,影响取岩屑及气测资料。

3 D22井录井情况综述

本井钻完井周期54d,按资料录取规范要求,认真负责地取全、取准各项录井资料,顺利完成了各项钻探地质任务。

3.1 录井概况

为了达到钻探目的和完成录井任务,按设计要求自井深465.70m开始,进行钻时、岩屑、气测、钻井液等各项地质录井,其中钻时、气测每0.2m录取一点,各录取8945点,岩屑录取井段:465.00~1639.00m,每2m录取1包;1639.00~2235.00m,每1m录取1包,钻井液性能(密度、粘度)每10m录取1点,碳酸盐含量分析每2m录取1点;此外,还进行了工程监测、地层压力监测、钻井液监测、气体监测等工程录井项目,准确及时地为现场施工提供了地层与事故预报。

3.2 取芯情况

本井现场共取芯3次,总进尺19.60m,总芯长14.15m,总收获率72.19%,非储集层厚14.15m。其中山西组取芯1次,进尺8.10m,芯长8.05m,平均收获99.38%;太原组取芯1次,进尺4.30m,芯长4.30m,平均收获100%;太原组一本溪组取芯1次,进尺7.20m,芯长1.80m,收获率25%。取芯数据如表2所示。

4 地质成果

4.1 地层

4.1.1 地层综述

D22井自上而下钻遇地层依次为:第四系;三叠系延长组、纸坊组、和尚沟组、刘家沟组;二叠系石千峰组、石盒子组、山西组、太原组;石炭系本溪组、马家沟组。

4.1.2 地层分述

根据设计要求,从465.70m开始综合录井,现将三

表2 D22井取芯数据统计表

取芯筒次	层位	井段(m)	进尺(m)	芯长(m)	收获率(%)	储层	非储层
1	山 ₁	2018.54~2026.64	8.10	8.05	99.38	4.77	3.28
2	太 ₁	2171.7~2176.05	4.30	4.30	100.00		4.30
3	太 ₂ 、本 ₁	2198.1~2205.34	7.20	1.80	25.00		1.80
合计	全井取芯3次,总进尺:19.60m,总芯长:14.15m,总收获率:72.19%。						

叠系纸坊组、和尚沟组、刘家沟组;二叠系石千峰组、石盒子组、山西组、太原组;石炭系本溪组、奥陶系马家沟组;地层分层依据如下:

(1)三叠系上统纸坊组

井段 455.90~755.50m, 钻厚 299.60m。分层依据:进入本组地层后,砂岩成分中长石含量明显增多,泥质由深灰、灰黑色变为棕红、紫红。

(2)三叠系中统和尚沟组

井段 755.50~944.00m, 钻厚 188.50m。分层依据:属三叠系下统,主要分布于鄂尔多斯盆地及其周边地区,命名地点在山西宁武孙家沟一带的和尚沟。地层厚度 100~300m,岩性相对稳定,主要为一套橘红色、棕红色、紫红色泥岩和砂质泥岩的沉积,富含钙质结核,夹有少量的紫红色砂岩或砂砾岩,与下伏刘家沟组呈整合接触。

(3)三叠系下统刘家沟组

井段 944.00~1283.00m, 钻厚 339.00m。分层依据:进入本组地层储集砂体发育一般,物性一般。岩性为浅紫灰色细砂岩,为氧化—还原环境下的干旱河流—湖泊相沉积,与区域特征相吻合。上部底层泥岩颜色鲜明,整体为棕红色、浅棕色细砂岩结束,见石英含量减少进入本地层。电性双侧向基明显抬升,由箱状变化为尖峰状。与下伏石千峰组地层呈整合接触。

(4)二叠系上统石千峰组

井段 1283.00~1637.00m, 钻厚 354.00m。分层依据:进入本组地层以后泥岩颜色以棕红色泥岩为主,简称泥脖子,上部地层以大套砂体为主,见厚层棕红色泥岩即进入本地层,进入本组地层砂岩成份自上而下长石含量减少,石英含量增高,底部砂体较发育。电性电阻率曲线由锯齿状—箱状高值变化为平缓状中值,自然伽马曲线由微齿状中低值变为平缓状高值,明显抬升。与下伏石盒子组呈整合接触。

(5)二叠系中统石盒子组

井段 1637.00~2006.00m, 钻厚 369.00m。石盒子组分层依据:进入本组地层以后大段泥岩出现,石千峰底部大套砂泥岩互层结束,电阻率曲线明显降低,伽马曲

线出现高值,为石盒子组顶部电性特征,底部砂岩少量为粗粒。长石含量自上而下逐渐减少。底部骆驼脖砂岩结束即石盒子组结束,见大套紫褐色泥岩即进入本地层。与下伏山西组呈整合接触。

(6)二叠系下统山西组

井段 2006.00~2169.00m, 钻厚 163.00m。山西组分层依据:骆驼脖砂岩结束,进入本组地层泥岩颜色加深,以深灰、灰黑色为主。有煤层出现气测基值抬高,电性上表现为高电阻、高伽玛。以见到下伏地层太原组东大窑灰岩为山西组底界。结合区域资料及区域沉积组合、特征分层。与下伏太原组呈整合接触。

(7)二叠系下统太原组

井段 2169.00~2199.00m, 钻厚 30.00m。太原组分层依据:①电阻率曲线由对应灰岩的箱状特高阻值向对应煤层呈尖峰状、指状中高阻值转变,说明进入下部地层本溪组。②标志层东大窑灰岩出现说明进入太原组、底部庙沟灰岩结束,见本溪组顶部 8#煤层表明进入本溪组。下伏本溪组呈整合接触。

(8)石炭系中统本溪组

井段 2199.00~2234.00m, 钻厚 35.00m。本溪组岩性特征:以灰黑色泥岩、碳质泥岩为主,顶部黑色煤层,底部灰色灰质泥岩、灰岩。煤:以亮煤为主,镜煤次之。碳化程度高,易燃,性脆,污手,解理发育,解理面具强玻璃光泽。

本溪组分层依据:①进入本组地层以(8#)煤层为标志层,底部铝土质泥岩也是本段地层的标志层。底部铝土质泥岩与奥陶系区分,测井曲线呈明显低阻和高自然伽玛值,电性与马家沟组界限区分明显。②见黑色(8#)煤层即进入本溪组地层。

(9)奥陶系中统马家沟组

井段 2234.00~2270.00m, 钻厚 36.00m。分层依据:白云岩的出现是进入马家沟组的标志层。本井未钻穿马家沟组。电性特征表现为电阻率比本溪组高。

4.2 气藏综述

本井现场气测解释(含煤层)共 8 层,总厚度 20.90m。其中石千峰组差气层 1 层,厚度 2.00m;石盒

子组差气层1层,厚度1.50m;山西组差气层3层,厚度7.30m,煤层气2层,厚度4.90m;本溪组煤层气1层,厚度5.20m。

综合解释8层,总厚度20.90m。其中石千峰组差

气层1层,厚度2.00m;石盒子组差气层1层,厚度1.50m;山西组差气层3层,厚度7.30m,煤层气2层,厚度4.90m;本溪组煤层气1层,厚度5.20m。本井主要含气显示段情况如表3所示:

表3 D22井主要含气显示井段

层位	井段(m)	厚度(m)	岩性	钻时(min/m)	气测与解释		
					全烃	测井解释	综合解释
千4段	1525.40~1527.40	2.00	灰紫色含气细砂岩	10.00~16.00	0.7442	差气层	差气层
盒8段	1992.00~1993.50	1.50	灰色含气细砂岩	10.00~13.00	1.3991	差气层	差气层
山1段	2033.50~2035.90	2.40	灰色含气细砂岩	3.00~10.00	2.5859	差气层	差气层
山1段	2035.90~2039.80	3.90	灰色含气细砂岩	3.00~10.00	2.5859	气层	气层
山1段	2043.10~2044.10	1.00	灰色含气细砂岩	9.00~16.00	1.5855	差气层	差气层

4.3 本井煤层气的生、储、盖层简述

4.3.1 气源岩评价

纵观录井剖面山西组一本溪组暗色泥岩发育,自上而下泥岩颜色逐渐变深,从深灰色到灰黑色。山西组系大陆环境沼泽相沉积,暗色泥岩及煤层发育,累计厚度为64.62m,占本组地层厚度的43.08%;太原组系海陆交互相沉积,暗色泥岩及煤层累计厚度为6.00m,占本组地层厚度的19.02%。本溪组也为海陆交互相沉积,暗色泥岩及煤层累计厚度为16.80m,占本组地层厚度的48.75%。该三套地层有机质含量高,属于成熟阶段,是良好的生气源岩。

4.3.2 储层评价

本井发育多套储层,主要是古生界石炭系石盒子组、山西组砂岩,属孔隙型储集层,主要层位厚度数据如表4所示。

表4 D22井储集层厚度统计表

层位	单层最小厚度(m)	单层最大厚度(m)	单层平均厚度(m)	储层厚度(m/层)	储层占地层总厚(%)
石千峰组	0.80	21.90	4.00	129.9/32.00	36.7%
石盒子组	0.8	16.0	4.50	174.2/38.00	47.21%
山西组	0.9	4.2	2.75	44.0/16.00	27.0%

4.3.3 盖层评价

石千峰组、石盒子组上部泥岩厚度大,横向分布稳定,单层厚度大,岩性致密,有较强的封盖能力,为良好的区域盖层,也是下石盒子组气层的较好盖层;山西组

泥岩区域分布较广,厚度较大,具有一定的封盖能力,是山西组、太原组气层的盖层。

5 结论

(1)经钻探证实,本井石盒子组、山西组砂体发育较好,含气较好,属于较好储集层。

(2)本井含气显示石盒子组盒8段、山1段形成了良好的气藏。

(3)证实了D22井山西组5#煤层(井深2118.10~2121.60m,厚度3.50m)、本溪组8#煤层(井深2199.60~2024.80m,厚度5.20m)厚度较大,录井、电测、气测均见良好的气显示,综合解释为煤层气。

(4)通过钻探,本井钻时及电测资料表明5#煤层顶板岩性为砂质泥岩、底板岩性为泥岩,8#煤层顶板岩性为泥岩、底板岩性为泥岩,对煤层吸附气有良好的封堵能力。

(5)本井的钻探资料为进一步研究该区块储层特征、开展储层含气性评价提供了可靠依据,为储量计算提供了主要参数。

参考文献:

[1] 秦勇,袁亮.我国煤层气勘探与开发技术现状及发展方向[J].煤炭科学技术,2012,40(10):1-6.

[2] 何祖康,随引引,胡燕利.煤层气开发中的地质录井方法[J].内蒙古煤炭经济,2019(22):225.

[3] 窦新钊,张文永,孙贵,等.淮南煤田连塘李井田煤层气地质特征[J].中国煤炭地质,2019,31(11):31-36,49.