

济阳拗陷区页岩气资源储存可能性浅析

王立东,张明德,吴清华,王玲丽,张平平

(山东省鲁北地质工程勘察院,山东德州 253072)

摘要:页岩气作为一种非常规能源,一般主要产于空隙率渗透率极低且富含有机质的暗色页岩地层系统中,是近期可实现经济规模勘探开发、资源丰富的非常规天然气资源。山东省页岩气资源调查评价工作已起步实施,战略选区为:济阳拗陷区和临清拗陷区、胶莱拗陷区、鲁西南潜隆起区,现已先后施工多眼参数井,该次结合具体工程,针对济阳拗陷页岩气参数井施工,浅析济阳拗陷页岩气资源存在可能。

关键词:页岩气;可能性;济阳拗陷

中图分类号:P618.1 **文献标识码:**A

引文格式:王立东,张明德,吴清华,等.济阳拗陷区页岩气资源储存可能性浅析[J].山东国土资源,2016,32(6):27-31.WANG Lidong, ZHANG Mingde, WU Qinghua, etc. Primary Analysis on the Possibility of Shale Gas Resource Storage in Jiyang Depression[J].Shandong Land and Resources, 2016,32(6):27-31.

0 引言

页岩气作为一种非常规能源,一般主要产于空隙率渗透率极低且富含有机质的暗色页岩地层系统中,是近期可实现经济规模勘探开发、资源丰富的非常规天然气资源。页岩气的形成与分布独具特征,往往分布在盆地内厚度较大、分布较广的有效烃源岩层中,具资源潜力大、开采寿命长的优势^[1-2]。

2012年温家宝总理所作的政府工作报告中,要求“加快页岩气勘查、开发攻关,提高新能源和可再生能源比重”,将页岩气的勘查开发工作上升为国家战略。

山东省页岩气资源调查已起步实施,综合考虑页岩的赋存层位、页岩成气潜力和页岩气开发可行性的基础上,初步选定山东省页岩气战略选区为:济阳拗陷区和临清拗陷区、胶莱拗陷区、鲁西南潜隆起区,此外,鲁中隆起区大汶口—蒙阴断陷官庄群大汶口组泥页岩中夹油页岩,也是页岩气资源潜力区^[3]。目前山东省页岩气已先后施工多眼参数井,野外钻探基本结束。

据前人研究成果,东营凹陷内富有机质的页岩层主要赋存于古近纪沙河街组沙四上亚段、沙三下亚段与沙一段^[4]。该次结合具体工程,针对济阳拗陷页岩气参数井施工进行分析探讨,该工程位于山东省东营市河口区西北,设计孔深3700m,实际完钻成井3665.47m,通过实钻资料分析,到达古近纪沙河街组四段,结合取心及地质编录综合测井等手段研究,显示该区具备页岩气资源开发利用的条件。

1 区域地质背景

1.1 构造

参数井位于山东省东营市河口区西北,在大地构造单元上位于华北陆块、华北拗陷(I)、济阳拗陷区(I_a)、沾化潜断陷(I_{a5})的沾化潜凹陷(I_{a5}¹)的次级构造单元渤南洼陷(图1)。

沾化凹陷:位于工作区北部,北与义和庄凸起、车镇凹陷相连,南与陈庄凸起毗邻,东部为孤岛凸起,西与惠民凹陷相通。呈近东西向略延长的三角形,向西收敛,向东散开并延伸入海。凹陷长22km,

收稿日期:2015-08-13;修订日期:2015-09-20;编辑:王敏

依托项目:山东省国土资源厅《关于下达2013年度升级整装勘查区地质勘查项目和页岩气调查评价项目计划的通知》(鲁国土资字[2013]1170号)——《济阳拗陷页岩气资源潜力调查评价项目》(任务书号:鲁勘字(2013)3号)

作者简介:王立东(1984—),男,吉林梨树人,工程师,主要从事深部资源勘探及地热资源的勘查开发工作;E-mail:swdwld@126.com

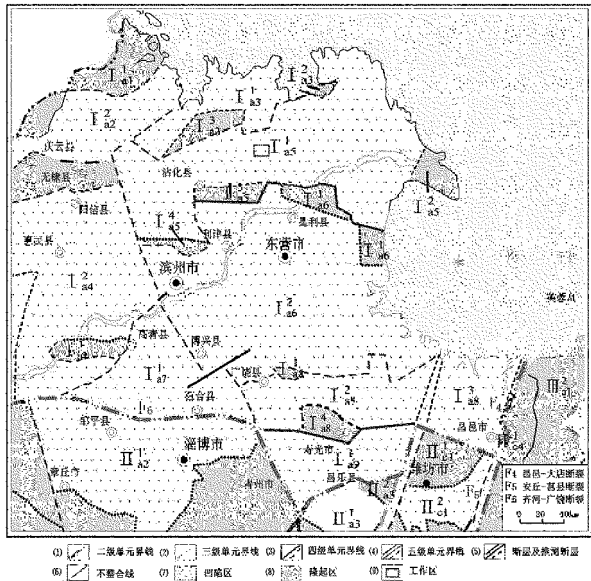


图 1 区域地质构造略图

宽 6~20 km, 该区面积约 220 km²。上覆新近纪及第四纪厚度为 1 300~2 200 m。

渤南洼陷位于沾化潜凹陷中部, 属于“北断南超”、“东西双断”北东走向的断陷湖盆; 北部以埕南

断裂带与埕东凸起相邻、西部以义东断裂带与义和庄凸起相接; 东、东南部以孤西断层对接孤北洼陷、孤岛潜凸起, 南部为陈庄潜凸起。

1.2 地层

济阳拗陷页岩气参数井所钻遇的地层有第四纪、新近纪明化镇组、新近纪馆陶组、古近纪东营组、古近纪沙河街组, 地层界线划分见表 1。

2 页岩气资源存在可能性分析

2.1 资料预测分析

2.1.1 区域研究成果

根据收集的物探资料及油田地质资料, 渤南洼陷勘探面积 600 km², 三维覆盖面积 600 km², 已完钻探井 377 眼, 发现了渤南、罗家、义东 3 个油气田, 已累计探明常规石油地质储量 1.84 × 10⁸ t。泥页岩中多眼井见到油气显示, 其中录井见到油斑以上级别显示井 52 眼, 20 眼井进行测试 9 眼井获得工业油流, 6 眼进行投产, 产能从 574~13 465 t 不等, 展示了渤南洼陷页岩油气良好的勘探前景^[5]。

表 1 钻遇地层界线划分

地层时代	底界埋深(m)	岩性特征
第四纪平原组	296	浅棕黄、浅绿、灰色砂质粘土、粘土夹粘土质粉砂岩
新近系明化镇组	1160	上部浅灰色、灰黄色砂岩夹棕黄色泥岩, 下部紫红色泥岩夹浅灰色粉砂岩
新近系馆陶组	1955	上部为紫红色、灰绿色、浅灰色泥岩与浅灰色砂岩、泥质砂岩呈不等厚互层, 下部为厚层状灰白色砂岩夹灰绿色泥岩。
古近纪东营组	2589	上部灰色、灰绿色泥岩与浅灰色砂岩、泥质砂岩呈不等厚互层, 下部以灰色泥岩、砂质泥岩为主, 夹砂岩
古近纪沙河街组一段	2855	以灰色、浅灰色泥岩、灰质油泥岩互层, 夹灰色粉砂岩, 灰色凝灰岩、灰色粉砂岩, 泥岩呈块状, 质地紧密, 较硬
古近纪沙河街组二段	3052	以灰绿色、灰色泥岩为主, 夹灰色砂质泥岩, 灰色灰质粉砂岩。底部含棕褐色灰质、深灰色灰质油泥岩和灰色白云岩, 灰质分布均匀, 较硬, 加 HCl ⁺ , 点火不燃, 略具沥青味
古近纪沙河街组三段	3509	岩性主要为深灰色油泥岩、深灰色灰质泥岩、深灰色灰质油泥岩。油泥岩质不纯, 含少量灰质, 较硬, 加 HCl ⁺ , 点火不燃, 略具沥青味
古近纪沙河街组四段	未揭穿	岩性主要为深灰色泥岩、深灰色膏质泥岩, 泥质分布均匀, 较软, 手捻易碎呈粉末状, 吸水性较强

2.1.2 储层特征分析

泥页岩的储集性能是影响页岩油气产能的主要因素, 而储集性能主要与岩相及岩相组合、埋藏深度等密切相关。渤南洼陷沙一段、沙三中亚段、沙三下亚段、沙四上亚段沉积环境存在差异, 形成的岩相及其岩相组合不同。

沙四上亚段沉积时期: 属于断陷湖盆初始裂陷期, 此时为水进体系域, 湖水仍然维持了较高的盐度, 烃源岩中碳酸盐含量普遍较高, 洼陷内蒸发量较

大, 多形成泥灰岩、泥质灰岩、灰质泥岩与膏岩、含膏泥岩等互层的特征。

沙三下亚段沉积时期: 断陷湖盆发育的鼎盛, 气候温暖湿润, 随着湖盆的扩大由半咸水迅速演变为微咸水沉积。利用周边油田钻孔系统取心井资料, 从早期到晚期, 岩相呈现由纹层-层状泥质灰岩(灰质泥岩)—纹层状泥质灰岩—纹层-层状泥质灰岩(灰质泥岩)—层状泥质灰岩(灰质泥岩)—块状灰质泥岩的变化, 反映了早期水体由浅至深的变化规律。在渤南洼陷北部及中部也可以看到纹层状泥质灰

岩、灰质泥岩与薄层砂条互层的岩相组合。

沙三段为深湖一半深湖环境,以灰色泥岩、油页岩、油泥岩为主,与下伏沙四段为角度不整合沉积,上部主要以层状泥质灰岩、泥岩、层—纹层状泥质灰岩、灰质泥岩为主,局部发育纹层状泥质灰岩,底部岩性以油页岩与油泥岩互层为主。

综合渤南洼陷沙四上、沙三下、沙三中、沙一段的岩相组合特征,认为沙三下亚段、沙一段储集条件较好,优选沙三下亚段为该地区页岩气目标区勘探的主力层系。

2.2 实钻资料分析

2.2.1 勘探孔概况

济阳拗陷页岩气参数井自 2014 年 7 月开钻施工,2015 年 1 月完钻,参数井采用三开井身结构,下部裸眼完井,终孔孔深 3 665.47 m,钻孔结构见表 2。

表 2 页岩气参数井钻孔结构

深度(m)	0~1001.52	1001.52~2946.94	2946.94~3665.47
井径(mm)	346.0	215.9	152.4

2.2.2 岩屑录井及分段取心

济页参 1 井全井岩屑录井,捞去岩屑样共计 735 件,其中 0~1 160 m,20 m/包;1 160~2 590 m,10 m/包;2 590~2 640 m,5 m/包;2 640~3 665.47 m,2 m/包,每包取样不低于 500g,晒干装袋保存。

取心工作先后采用“川 6-3”取心钻具分段取心 10 次,累计取心进尺 133.83 m,岩心长度共计 118.96 m/31 箱,总采取率 88.89%,详细回次取心数据见表 3。

表 3 钻孔取心记录

回次	日期	深度(m)	进尺(m)	岩心长度(m)	采取率(%)
1	2014.10.12	2 877.16~2 886.48	9.32	8.32	89.27
2	2014.10.14	2 886.48~2 895.64	9.16	8.82	96.29
3	2014.11.26	3 173.88~3 182.91	9.03	8.86	98.12
4	2014.12.07	3 355.91~3 365.23	9.32	8.945	95.98
5	2014.12.10	3 365.23~3 381.12	15.89	10.88	68.47
6	2014.12.13	3 381.12~3 399.13	18.01	15.705	87.20
7	2014.12.23	3 484.02~3 501.32	17.30	16.925	97.83
8	2014.12.31	3 561.31~3 578.43	17.12	17.12	100
9	2015.01.03	3 578.34~3 595.88	17.54	17.315	98.72
10	2015.01.09	3 641.00~3 652.14	11.14	6.07	54.49

2.2.3 物探测井解译

该参数井重点针对油气层进行了 1:200 综合测

井,测井项目自然电位、自然伽马、双侧向、双感应、电阻率、声波补偿、井温等,通过综合解译,沙河街组三段中段以层状泥质灰岩为主,视电阻率呈锯齿状高阻,中下段以块状泥岩为主,电阻率呈锯齿状低阻,下部以油页岩与油泥岩互层为主,电阻率锯齿状低阻。油气储层孔隙度 1.2%~13.6%,平均 4.5%,渗透率 $<10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,因页岩油的主要储集空间类型为微孔隙、其次为微裂缝,由此可见该段储集条件较好。

通过取心及样品测试,该页岩气参数井主要揭露古近纪沙河街组地层,岩性为一套色调和成分复杂生物碎屑岩系,具有生成大量页岩油气的物质基础,具有页岩油气生成和聚集前景,具备页岩气储藏条件,证明该区是较理想的页岩气开发利用区域。

2.2.4 实测储集特性分析

(1)页岩厚度、孔隙度及渗透率。根据参数井实测值及对油田钻井取得有关参数的统计分析,工作区沙三段暗色富含有机质泥页岩累计厚度大于 300 m,单层最大厚度可达 8 m,沙四段累计厚度大于 150 m。沙三下亚段孔隙度变化 1.3%~13.6%,主要集中在 2%~8%,均值在 5%,渗透率变化很大,最大可达到 493m/D(推测与裂缝发育有关),一般分布在 1~10m/D,其次为 0.1~1m/D,均值为 7.72 m/D(表 4)。

(2)有机碳丰度。据测试及收集资料,沙一段岩样的有机碳分布范围为 0.93%~12.69%,有约 50%岩样的有机碳含量在 4%~6%之间,平均含量为 4.76%,因此从有机碳含量来看,沙一段为很好的烃源岩。沙二段岩样的有机碳分布范围为 1.33%~2.44%,平均含量为 2.30%,从有机碳含量来看,沙二段也是很好的烃源岩。沙三段岩样的有机碳分布范围为 0.55%~12.44%,其中有约 40%分布在 1%~5%之间,平均含量为 3.02%,单从有机碳含量来看,沙三段是好—很好的烃源岩。沙四段岩样的有机碳分布范围为 0.77%~15.18%,有约 70%分布在 1%~5%之间,平均含量为 3.28%。因此沙四段从有机碳来看是好—很好的烃源岩。

(3)有机质熟度。据测试及收集资料,沙一段岩样的 R_o 分布范围为 0.27%~0.56%,其平均值为 0.457 5%,可见该段岩样总的来说还没进入成熟,仅部分成熟。其特点为有机质演化程度低,说明干酪根的缩聚程度差。沙二段岩样的 R_o 分别为 0.32%

~0.41%，可见该区沙二段岩样没有进入成熟阶段。但是进入了低熟阶段。特点为有机质演化程度低，说明干酪根的缩聚程度差。沙三段岩样的 R_o 分布范围为 0.36%~0.9%，平均值为 0.59%，其中仅有两个岩样的 R_o 值小于 0.5%，说明该区沙三段岩样

已经进入成熟阶段，有机质演化程度明显加深，说明干酪根的缩聚程度较高。沙四段岩样的 R_o 分布范围为 0.41%~1.56%，平均值为 0.794%，这说明该区沙四段岩样已经进入成熟阶段，为有机质演化程度较高，说明干酪根的缩聚程度较高。

表 4 孔隙度特征和渗透性特征

深度(m)	样品数	孔隙度(%)			渗透率(m/D)		
		最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
2930~2979	89	10.1	1.4	4.10	146	0.161	7.91
2979~2988	19	10.2	1.3	5.04	182	0.351	10.81
2988~3023	69	13.6	1.7	5.32	73	0.084	3.68
3023~3055	12	10.4	3.7	6.92	493	0.048	11.23
3055~3076	46	10.2	2.6	5.13	413	0.016	12.74
3076~3128	128	12.4	2.0	5.24	149	0.006	4.13

(4)总烃产率。岩样高温热解可以使不挥发的高分子聚合物(如干酪根)加热裂解成挥发性产物(烃类)。岩样热解所得到的游离烃(S_1)和裂解烃(S_2)之和,即为热解总烃产率,通常用毫克烃/克岩石表示。 S_1 代表岩样中已经生成的烃(游离烃), S_2 代表岩样随埋深增大,热演化增强,所含干酪根进一步裂解所生成的烃(裂解烃),故热解烃和游离烃之和更本质的反映了岩样中干酪根热解的生烃潜力,用以表征有机质丰度更有实用价值,据测试及收集资料,区内统计见表 5。

表 5 岩样高温热解总烃产率($S_1 + S_2$)

层位	最大值(ng/g)	最小值(mg/g)	平均值(mg/g)
Ng	0.28	0.05	0.17
Ed	8.35	0.53	5.592
ES ₁	62.91	1.14	21.90
ES ₂	16.52	16.52	16.52
ES ₃	39.58	0.39	9.14
ES ₄	9.17	0.15	3.34

3 结语

我国拥有丰富的页岩气资源,但是研究起步较晚,2015 年我国才开始正式投入开发的页岩气藏,开始供气运营。现在我省页岩气资源调查已起步实施,已先后施工多眼参数井,建议针对目前已有的济

阳坳陷参数井取得的基础资料,分析论证后重点布置开展济阳坳陷区页岩气勘查工作,与当前矿产勘查项目紧密结合,以快速实现页岩气勘查突破;另外省内还有许多盆地页岩气情况不明,尚需要进一步开展远景调查和研究。

通过该页岩气参数井施工取得的成果分析,该地区存在页岩气资源,具有一定的开发利用价值,应加大对该区及相似区域的地质勘探,通过更多的勘探孔,寻找油气富集区,圈定高产范围,尽早进行相关开发利用试验,为将来大规模开发利用页岩气资源提供基础性资料。

参考文献:

- [1] 邹才能,董大忠,王社教,等.中国页岩气形成机理、地质特征及资源潜力[J].石油勘探与开发,2010,37(6):641-653.
- [2] 董大忠,程克明,王玉满,等.中国上扬子地区下古生界页岩气形成条件及特征[J].石油与天然气地质,2010,31(3):288-299.
- [3] 赵季初.东营凹陷沙三下亚段页岩气前景分析[J].山东国土资源,2015,31(3):26-29.
- [4] 张增奇,田京祥.国内外页岩气研究进展及山东省页岩气资源潜力[J].山东国土资源,2012,28(10):1-6.
- [5] 张林晔,李政,朱日房,等.济阳坳陷古近系存在页岩气资源的可能性[J].天然气工业,2008,37(12):26-29.

Primary Analysis on the Possibility of Shale Gas Resource Storage in Jiyang Depression

WANG Lidong, ZHANG Mingde, WU Qinghua, WANG Lingli, ZHANG Pingping

(Lubei Geo-engineering Exploration Insitute, Shandong Dezhou 253072, China)

Abstract: As a kind of unconventional energy, shale gas is generally occurred in dark shale formation sys-

tem with porosity, low permeability and rich organic matter. It is unconventional rich gas resources in recent years which can realize economic scale exploration and development. Shale gas strategy research has been launched in Shandong province at present. Strategic selecting areas are Jiyang depression, Linqing depression, Jiaolei basin, Longkou sag and Luxinan uplift. Combining with specific engineering project, in view of the construction parameters of shale gas wells in Jiyang depression, shale gas resource existed in Jiyang depression has been analyzed.

Key words: Shale gas; possibility; Jiyang depression