

通过产气剖面测试分析气井生产参数变化规律

张丽莎¹, 朱苗苗¹, 许阳², 胡燕婷³, 胡鹏¹, 郭虎⁴

- 1. 中国石油集团测井有限公司长庆分公司 陕西西安 710201
- 2. 中国石油集团测井有限公司地质研究院 陕西西安 710076
- 3. 中国石油集团测井有限公司信息评价处 陕西西安 710076
- 4. 中国石油大学(北京)非常规油气科学技术研究院 北京 102249

通讯作者: Email: 272270184@qq.com

引用: 张丽莎, 朱苗苗, 许阳, 等. 通过产气剖面测试分析气井生产参数变化规律[J]. 油气井测试, 2023, (4): 62-67.

Cite: ZHANG Lisha, ZHU Miaomiao, XU Yang, et al. Study the variation law of gas well production parameters through gas production profile test[J]. Well Testing, 2023, (4): 62-67.

摘要 为进一步分析苏里格气田的开发动态变化规律, 研究不同工作制度下不同产层贡献率的变化情况, 分析不同工作制度对井底参数的影响, 有必要进行产气剖面测井。以T区块一口气井为例, 通过监测气井生产动态参数的变化规律, 重点分析了该井主力产层的变化和不同生产层位产气贡献率。结果表明液面上方储层产气贡献率与地层系数、孔隙度、饱和度等参数的乘积正相关, 储层参数较好的产层生产情况较好, 产量较高; 气井工作制度的变化直接影响各个产层的贡献率, 当配产较低时, 主力层产出往往占比较大, 配产较高生产压差较大时, 差产层、微产层贡献明显上升。该结果对气井的生产动态监测, 产能预测, 优化气井配产与生产制度有一定的指导意义, 可以为气藏的开发调整提供依据。

关键词 苏里格气田; 产气剖面; 工作制度; 气井配产; 产气贡献率; 主力产层; 气液界面; 储层参数

中图分类号: TE33 **文献标识码**: B **DOI**: 10.19680/j.cnki.1004-4388.2023.04.011

Study the variation law of gas well production parameters through gas production profile test

ZHANG Lisha¹, ZHU Miaomiao¹, XU Yang², HU Yanting³, HU Peng¹, GUO Hu⁴

- 1. Changqing Branch, China National Logging Corporation, Xi'an, Shaanxi 710201, China
- 2. Geological Research Institute, China National Logging Corporation, Xi'an, Shaanxi 710076, China
- 3. China National Logging Corporation, Xi'an, Shaanxi 710076, China
- 4. Unconventional Petroleum Research Institute, China University of Petroleum (Beijing), Beijing 102249, China

Abstract: In order to further analyze the dynamic change pattern of gas field development, study the contribution rate and changes of each gas-producing layer under different working regimes, and analyze the influence of working regimes on the bottom parameters of gas wells, gas-producing profile logging is required. Taking a gas well in Block T of Surig gas field as an example, the changes in the main gas-producing layer of the well and the contribution rate of gas production from different production layers were analyzed by monitoring the change pattern of gas well production parameters. Comparison of gas production profiles of gas wells tested for six consecutive years showed that the variation pattern of the main production parameters over time was obvious under different working regimes: gas-producing formations with better reservoir parameters above the liquid surface produced better and had higher yields. The variation of flow pressure at the bottom of the gas well is closely related to the gas well production dynamics, but the gas-liquid interface in the wellbore is relatively stable. Changes in the gas well workover regime can directly affect the contribution of individual producing formations. When the production allocation is low, the proportion of gas-producing layers in the primary layer tends to be relatively large, and when the production allocation is high and the production pressure difference is large, the contribution of the secondary and least-producing layers increases significantly. This study has some guiding significance for monitoring the production dynamics of gas wells, capacity prediction, optimizing gas well production allocation and production system optimization, and can provide a basis for gas reservoir development adjustment.

Keywords: Surig gasfield; gas production profile; working system; gas well allocation; contribution rate of gas production; main layer; wellbore gas-liquid interface; formation parameter

苏里格气田作为一个多层系岩性气藏,具有低渗透、低压和低丰度特征,储层致密,非均质性强,采用多层合采的方式进行生产。随着生产时间的延续,井底压力、气液界面的变化,成藏滞留水与凝析液产出会导致气井产能大幅度下降,且产液层位难以判断,给生产带来很大的困难。传统气井管理方面,只能根据气井静态资料做定性分析,无法定量、准确评估气井各个气层的产气贡献率及产水情况。

通过产气剖面测井,对单井各个产层的产气能力、储层情况、气藏的开发动态和动用程度等进行评价,检测气水界面。通过对历年产气剖面测试结果资料的综合统计分析,分析主要产气层位,为压裂层位的优选、气藏进一步的开发方案调整等措施提供了有利依据^[1-2]。本文以苏里格气田 T-x 区的 T-x-x 井为例,介绍多制度产气剖面测试资料的应用,寻找气井生产参数变化规律。

由于苏里格气田储层致密,渗透率低,导致多层气藏动态分析有一定难度。李得信等^[3]、张小军等^[4]介绍了多层气藏动态监测中产气剖面测试的设计。万玉金等^[5]介绍了利用产气剖面精细描述多层气藏动态特征,阐述了产气剖面在气藏开发动态监测中的各项应用。上述文献仅针对产气剖面单井的一次测试成果展开分析。李继庆等^[6]通过

研究产气剖面井资料在涪陵焦石坝页岩气田开发的应用,明确了单段产气贡献率与岩心实测有机碳质量分数、孔隙度、含气量等地质参数有良好的正相关性。李月丽等^[7]介绍了大牛地气田产气剖面特征的认识,分析了影响大牛地气田影响主力层转变的影响因素。本文以 T 区块一口井连续 6 年的产气剖面测试为例,展开动态分析,深入研究各储层参数随着生产时间变化,以及不同生产制度下的产气贡献率情况。定义了储层产气系数,以此为基础预测液面上方各产层的产量分布。

1 区块概况

T-x 区块位于苏里格气田中区东南部,主力产层为 H8 与 S1 层。T-x 区块上古生界地层划分与整个苏里格气田相同,自下而上依次为:本溪组、太原组、山西组、石盒子组、石千峰组。本区气层分布具有多层叠置的特点^[8-9],石盒子组及马家沟组各个层段均解释有气层或含气层,但气层纵向上主要集中在 H8 和 S1 段,H8 的物性好于 S1。

T-x-x 井是 T-x 区块的一口开发井,该井对石盒子组 H5、H6、H8,山西组 S1、S2 段射孔,采用连续油管水利喷砂射孔,填砂压裂,试气求产。共 9 个射孔井段,储层参数及射孔井段见表 1,采用“一点法”进行测试求产,计算得到无阻流量 61 581 m³/d。

表 1 T-x-x 井综合数据表及射孔井段
Table 1 Integrated data sheet and perforated interval of the well T-x-x

层位	气层井段/ m	射孔段/ m	电阻率/ (Ω·m)	声波时差/ (μs·m ⁻¹)	密度/ (g·cm ⁻³)	泥质 含量/%	渗透率/ mD	含气 饱和度/%	解释 结论
H5	3 210.0~3 222.6	3 218.0	25.04	217.34	2.56	13.96	0.27	10.85	干层
H6	3 246.0~3 255.0	3 250.0	30.66	215.57	2.60	18.10	0.20	11.86	干层
H8 _上 ¹	3 311.3~3 313.1	3 314.0	34.41	222.34	2.58	24.00	0.10	34.77	干层
H8 _上 ²	3 325.7~3 326.8	3 326.0	26.40	250.80	2.45	25.64	0.80	53.45	差气层
H8 _下 ²	3 344.0~3 346.5	3 345.0	123.73	241.01	2.46	5.32	0.83	68.77	气层
	3 349.8~3 353.9	3351.0	76.48	231.85	2.48	8.58	0.48	51.45	气层
	3 354.6~3 358.2	/	150.79	226.22	2.42	5.58	0.51	61.20	气层
	3 359.4~3 360.4	/	81.08	222.06	2.46	8.06	0.39	41.09	差气层
	3 366.9~3 369.5	3 368.0	36.19	248.75	2.44	11.68	1.10	49.62	气层
S1 ₂	3 383.7~3 385.8	3 384.0	128.69	230.41	2.50	7.52	0.51	60.79	气层
S2 ₁	3 416.0~3 417.9	3 417.0	100.81	245.62	2.44	18.63	0.60	68.78	气层

2 气井多次动态监测产量分析

为了解气藏生产动态,确定主要产层,得到更准确的产量劈分数据,获取更多的参数信息,需对气井生产动态进行连续监测。T-x-x 井自 2013 年至 2018 年连续 6 年进行产气剖面测试,每次均在关井停产、5 000 m³/d、10 000 m³/d、15 000 m³/d 四种工

作制度下进行测试^[10]。通过对该井自 2013 年至 2018 年的产量、井底压力与气液界面情况进行分析,寻找这些数据随时间的变化规律。

2.1 不同制度下产量随时间的变化

统计分析了 T-x-x 井自 2013 年到 2018 年产气量变化情况,按照不同的工作制度,分析产量随时间的变化^[11]。为便于分析,将 H8_下² 的两个射孔层

3 345 m 与 3 351 m 分别定义为 $H8_{下}^{21}$ 与 $H8_{下}^{22}$ 。本井在这 6 年间的平均日产约 5 500 m^3 , 因此对 5 000 m^3/d 的生产制度进行了重点对比分析。

当生产制度为 5 000 m^3/d 时(见图 1), 2013 年的主力产气层为 $H8_{上}^1$, $H8_{上}^2$ 与 $H8_{下}^{21}$ 的累计贡献率超过了 50%, 三层产气贡献率占绝对优势。2014 年至 2016 年三年测试的主力产层均为 $H8_{下}^{21}$, 该层的贡献率均在 70% 左右, 优势明显。2017 年与 2018 年主要的产层贡献率都来自 $H8_{下}^{22}$, 整体上 $H8_{下}^{22}$ 两个层的累计贡献率分别达到了 96%、89%, 其他层产量相对较低。

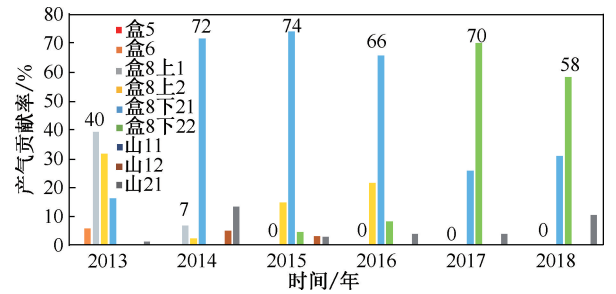


图 1 5 000 m^3/d 生产制度下各层产气贡献率对比图
Fig. 1 Comparison of contribution rate of gas production of each layer on gas well proration of 5000 m^3/d

当生产制度为 10 000 m^3/d 时(如图 2), 连续检测显示, 2013 年至 2018 年的主力产层均为 $H8_{下}$, $H8_{上}$ 始终为该井的次产层, $S2_1$ 层历年有少量的产出, 18 年贡献率超过 20%, 盒 5、盒 6 均未见产出。

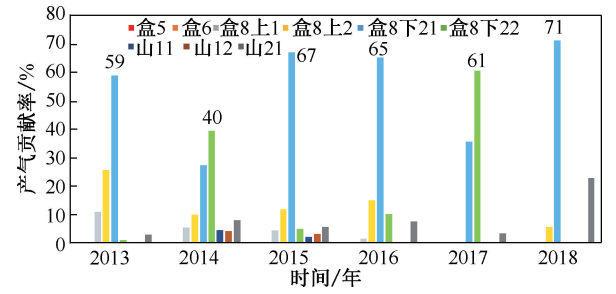


图 2 10 000 m^3/d 生产制度下各层产气贡献率对比图
Fig. 2 Comparison of contribution rate of gas production of each layer on gas well proration of 10 000 m^3/d

当生产制度为 15 000 m^3/d 时(见图 3), 连续测试期间, $H8_{下}$ 的产气贡献率最高, 始终为该井的主力层, 一直维持在 50% 以上。与其他生产制度相似, $H8_{上}$ 始终为该井的次产层, $S2_1$ 层历年也有少量的产出。2017 年 $S1_1$ 层贡献率占 35%, 2018 年之前没有产出的 $H5$ 层有 20% 以上的贡献。随着生产制度变化, 生产压差提高, 在 15 000 m^3/d 时, 其他层位贡献率得到明显提高, 各层对产量均有一定贡献。

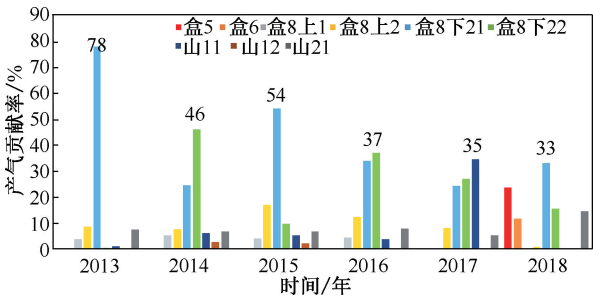


图 3 15 000 m^3/d 生产制度下各层产气贡献率对比图
Fig. 3 Comparison of contribution rate of gas production of each layer on gas well proration of 15 000 m^3/d

2.2 不同层位产量对比分析

在与本井日常生产状态最接近的 5 000 m^3/d 制度下, 2013 年 $H8_{上}$ 层为主力层, 2014 年至 2018 年连续五年 $H8_{下}$ 均为绝对的主力产层, 贡献率最低 72%, 最高达到了 96%, 五年间持续稳定生产, 平均贡献率 82%。

表 2 5 000 m^3/d 时各个层位贡献率统计表
Table 2 Statistical table of contribution rates of each layer on gas well proration of 5 000 m^3/d

层位	2013	2014	2015	2016	2017	2018
H5	0	0	0	0	0	0
H6	6	0	0	0	0	0
H8上	71	10	15	22	0	0
H8下	21	72	79	74	96	89
S1	0	5	3	0	0	0
S2	2	14	3	4	4	11

统计了各个生产制度下不同层位 6 年间产量贡献率的平均值, 发现 $H8_{下}$ 层始终是该井的主力产层, 产量相对稳定, 绝大多数情况下, 两段累计贡献率在 60% 以上, 最高达到了 97%。 $H8_{上}$ 的两段也持续有一定贡献, $S2_1$ 层也始终有少量贡献, 这两个层是稳定的次产层, 两段平均产能贡献率约 23%。 $S1$ 层偶有产出, 而 $H5$ 、 $H6$ 则在大部分测试中为非产层。

表 3 各个生产制度下不同层位平均贡献率统计表
Table 3 Statistical table of contribution rates of each layer on various gas well proration

工作制度 ($m^3 \cdot d^{-1}$)	H5	H6	H8上	H8下	S1	S2
5 000	0	1	20	72	1	6
10 000	0	0	15	74	2	9
15 000	4	2	12	64	10	8
平均	1.3	1.0	15.7	70.0	4.3	7.7

2.3 影响气井产量的参数因素

影响生产井产量的储层参数有很多, 岩性、物性、电性、含油气性综合决定了各个产层的生产动

态。通过分析各个产层的平均贡献率与其储层参数如气层厚度、孔隙度、渗透率、含气饱和度、电阻率等关系,来研究其产量影响因素。

表 4 产层贡献率与各个储层参数关系表
Table 4 Relationship between various gas well proration and reservoir parameters

储层参数	H5	H6	H8 _上	H8 _下	S1	S2
产层贡献率/%	1.3	1.0	15.7	70.0	4.3	7.7
厚度/m	11.8	9.8	2.9	6.6	4.7	1.9
孔隙度/%	6.13	5.81	9.11	9.23	9.84	10.9
渗透率/mD	0.27	0.2	0.45	0.65	0.8	0.6
含气饱和度/%	10.85	11.86	44.11	60.11	55.2	68.78
电阻率/ $\Omega\cdot m$	25.04	30.66	30.45	100.1	82.44	100.81

对比各层的储层参数可以看到,H5、H6 层虽然厚度较大,但其余各项参数均较差,大部分生产状态时为非产层。H8_上厚度、含气饱和度、渗透率等参数均与主力产层有较大差距,为次产层。H8_下层各项储层参数显示均较好,且加砂量较大,做为主力层,贡献始终较大^[12-13]。S1 层厚度相对较小,饱和度较低,位于液面下方,影响了该层的生产。S2 层各项储层参数也有一定优势,提供稳定的产出,但 S2 层长期在液面之下,对其产出有一定影响。

研究了各个储层参数与贡献率的关系,发现在液面上方的四个储层产气贡献率与地层系数、孔隙度、饱和度等储层参数的乘积有明显的正相关性。储层产气系数=厚度×渗透率×孔隙度×含气饱和度。可以看出,二者拟合度较高,可以据此来预测液面上方各层的产气贡献^[12-13]。

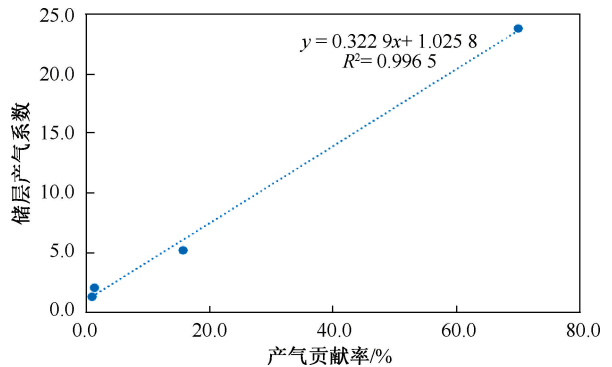


图 4 各层产气贡献率与地层系数指数关系曲线
Fig. 4 Comparison of contribution rate of gas production of each layer on gas well proration of 15000m3/d

3 其它生产动态参数对比分析

产气剖面测试除了对气井产能情况进行跟踪分析外,还可以掌握气井在生产时的动态参数变化,并以此调整开发方案。根据 T-x-x 井动态监测

的测试结果,统计分析了 6 年间井底流压与气液界面的情况。

3.1 井底流压对比

T-x-x 井 2013 年井底压力相对较高(见图 5),2014 年压力明显下降,2015 年与 2014 年基本持平。2016 年随着本井产气量下降,压力得到了一定恢复,2017 年再次降低,2018 年 8 月测试前本井停井了半年时间,井底压力得到了明显的回升。可见,气井井底压力状态与开发动态密切相关。

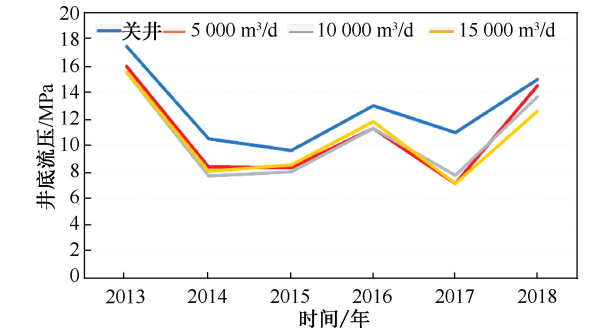


图 5 T-x-x 井井底流压随开采时间的变化
Fig. 5 Variation of flowing bottomhole pressure over time of the well T-x-x

3.2 气液界面对比

通过对气液界面的对比分析(见图 6),可以看出,除关井情况外,该井气液界面稳定,绝大多数结果在 3 345~3 355 m 之间。在垂直管流的情况下,气液界面处的密度值,持水率、持气率均发生明显变化^[14]。除 2018 年外,每年的气液界面的变化不大,均在 10 m 的变化范围内。S1 与 S2 层始终在气液界面之下,受此影响,S1 层基本没有产出,S2 层储层物性较好,有一定产量。

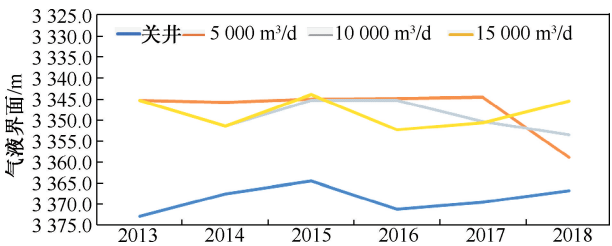


图 6 T-x-x 井气液界面随开采时间的变化
Fig. 6 Variation of wellbore gas-liquid interface over time of the well T-x-x

4 不同生产制度对气井生产层位的影响

在连续 6 年的动态监测中,也可以看到相同的时间节点,在不同的生产制度下,气井的生产状态也是有所差异的,尤其是生产层位有明显的变化。

接下统计分析不同生产制度下,T-x-x 的生产变化情况。

为了分析不同生产制度下,主力产层是否会有变化,对 T-x-x 井各个生产制度下的产气贡献率进行了统计分析。在统计分析中,将主力层 H8_下 两个层合并处理,将 H8_上¹ 与 H8_上² 两个产出合并处理,将下部山西组的三个产层合并处理。由于 H5、H6 在绝大多数测试结果中,均为非产层,因此未进行统计分析^[15-16]。

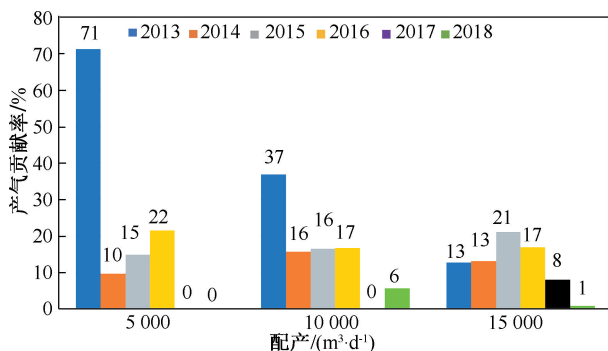


图7 不同配产时 H8_上 的产气贡献率

Fig.7 Contribution rate of gas production under different gas well proration of layer H8_u

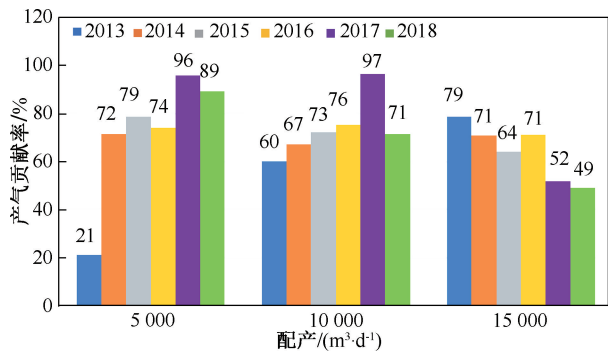


图8 不同配产时 H8_下 的产气贡献率

Fig.8 Contribution rate of gas production under different gas well proration of layer H8_d

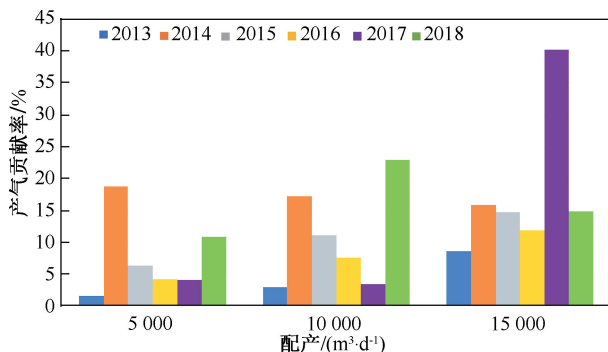


图9 不同配产时 S1 与 S2 的产气贡献率

Fig.9 Contribution rate of gas production under different gas well proration of layer S1 and S2

从图7~图9可以看出,除2013年5 000 m³/d的工作制度外,在5 000 m³/d与10 000 m³/d下主力层 H8_下 的贡献率占绝对优势,5 000 m³/d工作制度下占比分布在72%~96%,平均值为82%。10 000 m³/d工作制度下占比分布为60%~97%,平均值为77%。在15 000 m³/d的工作制度下,主力层 H8_下 的贡献率有所下降,从2013年的79%下降到2018年的49%,平均值为61%。而 H8_上 与山西组的贡献率明显提升。因此,在产气量较低时,主力产层发挥主要的优势,且贡献率长年保持稳定。在配产较高的工作制度下,主力层贡献率明显下降,次产层、微产层此时会发挥较明显的作用。究其原因,分析认为与主力层相比,次产层与微产层物性、渗透性相对较差,在较高的产量时,生产压差较大,才能达到其对应的启动压力,进而有气体产出。

5 结论

(1) 统计分析发现,H8层为T区块的主力产层,产量长年相对稳定,S2层也始终有贡献。主力产层各项储层参数显示均较好,且压裂规模较大,贡献始终较大。部分产层物性参数与改造规模也有一定优势,但位于液面下方,抑制了气层的产出。

(2) 对比分析发现,位于液面上方的四个储层产气贡献率与储层产气系数的有明显的正相关性,可以据此参数来预测液面上方各层的产气贡献。

(3) 当气井配产较低时,主力产层发挥主要的优势,且贡献率长年保持稳定。而在配产较高时,次产层等在较高的生产压差下有明显的产出,能够起到补充产能的作用。同一种工作制度下,随着产量的提高,储层压力有一定的下降。除关井情况外,气液界面相对稳定,每年的气液界面的变化不大。

(4) 分析产气剖面等动态监测资料对气井的生产情况、产能预测、合理配产及工作制度优化具有指导意义,也为苏里格气田T-x区的开发调整提供进一步依据。

致谢:感谢中油测井长庆分公司解释评价中心领导和同事在论文修改和数据统计等方面的帮助。

参考文献

- [1] 吴锡令. 生产测井原理[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995.
- [2] 郭海敏, 戴家才, 陈科贵, 等. 生产测井原理与资料解释

- [M]. 北京:石油工业出版社,2010,23-25.
- [3] 李得信,张洪,方惠军. 涩北气田动态监测技术[J]. 油气井测试,2012,21(3):46-48,51.
LI Dexin,ZHANG Hong,FANG Huijun. Dynamic monitoring technology of Sebei gasfield[J]. Well Testing,2012,21(3):46-48,51.
- [4] 张小军,王小鲁,沈生福,等. 涩北气田动态监测体系及优化研究[J]. 天然气勘探与开发,2012,35(3):37-40.
ZHANG Xiaojun,WANG Xiaolu,SHEN Shengfu,et al. Study on dynamic monitoring system and optimization of Sebei gas field[J]. Natural Gas Exploration and Development,2012,35(3):37-40.
- [5] 万玉金,钟世敏,王小鲁,等. 利用产气剖面精细描述多层气藏动态特征[J]. 油气井测试,2018,27(3):72-78.
WAN Yujin,ZHONG Shimin,WANG Xiaolu,et al. The dynamic characteristics of multi-layer gas reservoirs are described by using gas production profile[J]. Well Testing,2018,27(3):72-78.
- [6] 李继庆,梁榜,曾勇,等. 产气剖面井资料在涪陵焦石坝页岩气田开发的应用[J]. 长江大学学报(自科版),2017,14(11):75-81.
LI Jiqing,LIANG Bang,ZENG Yong,et al. Application of gas producing profile well data to the development of Jiaoshiba shale gas field in Fuling[J]. Journal of Yangtze University (Natural Science Edition),2017,14(11):75-81.
- [7] 李月丽,易小燕,罗衍灵. 大牛地气田产气剖面特征的认识及思考[J]. 石油地质与工程,2016,33(3):106-114.
LI Yueli,YI Xiaoyan,LUO Yanling. Understanding and thinking about the characteristics of gas production profile in Daniu field[J]. Petroleum Geology and Engineering,2016,33(3):106-114.
- [8] 王旭,王军杰,吕华,等. 产气剖面资料在靖边气田的应用[J]. 石油化工应用,2011,30(10):49-52.
WANG Xu,WANG Junjie,LYU Hua,et al. Application of gas production profile data in Jingbian gasfield[J]. Petrochemical Industry Application,2011,30(10):49-52.
- [9] 杜磊. 某气田水平井产气剖面测井技术应用[J]. 当代化工,2019,48(7):1607-1610.
DU Lei. Application of gas production profile logging technology in horizontal well of a gas field[J]. Contemporary Chemical Industry,2019,48(7):1607-1610.
- [10] 马鹏程. 产气剖面测井技术在大庆油田的应用[J]. 石油仪器,2012,26(1):58-60.
MA Pengcheng. Application of gas production profile logging technology in Daqing oilfield[J]. Petroleum Tubular Goods & Instruments,2012,26(1):58-63.
- [11] 王成荣,周为新,杜锦旗. 塔里木油田八参数注产气剖面解释方法研究[J]. 测井技术,2007,31(2):183-186.
WANG Chengrong,ZHOU Weixin,DU Jinqi. Study on interpretation method of eight-parameter injection gas production profile in Tarim oilfield[J]. Well Logging Technology,2007,31(2):183-186.
- [12] 柳明,陈俊杰,程艳,等. 苏东南区水平井产气剖面测井技术应用[J]. 天然气技术与经济,2018,12(5):30-32.
LIU Ming,CHEN Junjie,CHENG Yan,et al. Application of horizontal well gas production profile logging technology in southeast Jiangsu Province[J]. Natural Gas Technology and Economy,2018,12(5):30-32.
- [13] 李瑞丰. 生产测井组合仪在气井产出剖面评价中的应用[J]. 石油管材与仪器,2019,5(5):49-54.
LI Ruifeng. Application of production logging combination instrument in the evaluation of gas well output profile[J]. Petroleum Tubular Goods & Instruments,2019,5(5):49-54.
- [14] 顾元文. 高压凝析气井产气剖面测井技术研究[J]. 石油仪器,2009,23(4):78-83.
GU Yuanwen. Research on logging technology of gas production profile in high-pressure condensate[J]. Petroleum Tubular Goods & Instruments,2009,23(4):78-83.
- [15] 秦羽乔,石文睿,石元会,等. 涪陵页岩气田水平井产气剖面测井技术应用试验[J]. 天然气勘探与开发,2016,39(4):18-22.
QIN Yuqiao,SHI Wenrui,SHI Yuanhui,et al. Application test of horizontal well gas production profile logging technology in Fuling shale gas field[J]. Natural Gas Exploration and Development,2016,39(4):18-22.
- [16] 丁卯,郝军慧,李宁,等. 产气剖面测试在苏里格气田的应用[J]. 内蒙古石油化工,2019(12):12-15.
DING Mao,HAO Junhui,LI Ning,et al. Application of gas production profile test in Sulige gas field[J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry,2019(12):12-15.

编辑 邵振鹏

第一作者简介:张丽莎,女,1985年出生,工程师,硕士,2012年毕业于长安大学地质学专业,现主要从事剩余油、产出剖面的研究工作。电话:029-86020003;Email:77392489@qq.com。通信地址:陕西省西安市高新区方元大厦中油测井大庆分公司,邮政编码:710201。