

低含凝析气藏凝析油产出特征分析及影响

彭川^{1,2}

1. 中联煤层气有限责任公司; 2. 中海石油(中国)有限公司非常规油气分公司

DOI:10.12238/jpm.v4i4.5850

[摘要] 低含凝析气藏开采中析出的凝析油对生产运行的影响不可忽略, 因此分析其凝析油产出特征有利于低含凝析气藏高效开采。通过实际低含凝析气藏井下取样 PVT 衰竭实验, 结合实际开采过程中凝析油产出情况, 开展了低含凝析气藏凝析油产出特征分析。研究表明: 低含凝析油气井在随着压力的衰竭中, 储层凝析油析出量先变多再减少, 呈现出新井投产初期凝析油产出量较多, 并在地面降温作用下可进一步析出; 凝析油产出对存在储层伤害、集输管网积液、减小常规泡排剂起泡效率以及增加生产运维安全风险等不利影响。总结形成了低含凝析气藏开发的应对建议, 对低含凝析气藏集气站生产运行和气井产能释放具有一定指导意义。

[关键词] 致密气; 低含凝析气藏; 产出特征; 生产运行; 不利因素

中图法分类号: TE372; **文献标志码:** A

Analysis and Influence of Condensate Production Characteristics in Low Condensate Gas Reservoirs

Peng Chuan^{1,2}

1. China United Coalbed Methane Corporation Limited, Beijing 100015, China;

2. Unconventional Oil & Gas Branch, CNOOC China Limited, Beijing 100015, China

[Abstract] The influence of condensate released during the exploitation of low condensate gas reservoirs on production and operation cannot be ignored, so the analysis of condensate production characteristics is conducive to the efficient exploitation of low condensate gas reservoirs. Based on the PVT depletion experiment of downhole sampling in the actual low condensate gas reservoir, combined with the condensate production in the actual production process, the condensate production characteristics of the low condensate gas reservoir are analyzed. The research shows that the amount of condensate released from the reservoir first increases and then decreases with the depletion of pressure in the low condensate oil and gas well, showing that the condensate output of the new well is more at the initial stage of production, and can be further released under the effect of surface cooling; Condensate production has adverse effects on reservoir damage, liquid accumulation in gathering and transportation pipeline network, reducing the foaming efficiency of conventional foam drainage agent and increasing the safety risk of production, operation and maintenance. The countermeasures for the development of low condensate gas reservoirs are summarized and formed, which has certain guiding significance for the production and operation of gas gathering stations in low condensate gas reservoirs and the release of gas well productivity.

[Key words] low condensate gas reservoir; PVT depletion experiment; production characteristics; production operation; adverse effects

低含凝析气藏可认为是湿气气藏向凝析气藏过渡, 由于其凝析气中凝析油含量很小, 开采过程中往往未对凝析油进行回收, 因此忽略低含凝析气藏凝析油析出对生产运行的影响。但在实际开采过程中, 凝析油析出带来的储层伤害、集输管网积液、消泡作用以及生产运维安全风险对气井产能释放和生产运行造成了不利影响。本文通过井下取样 PVT 实验, 结合实际开采过程中凝析油产出情况, 分析低含凝析气藏凝析油产出特征, 总结低含凝析气藏开采特征及开采建议^[1-3]。

1 低含凝析气藏划分标准

凝析气藏开采至地面过程中, 通常天然气会因压力和温度

的变化发生一定相态变化。低含凝析油气藏凝析油虽然含量较小, 其生产过程中气井井筒和集气站常伴有少量凝析油析出, 但由于凝析油析出较少且易挥发, 地面分离器取样难以计量凝析油和确定气油比。因此可通过井下取样开展 PVT 实验, 根据井下取样 PVT 实验获得的地层流体的相态变化特征、气油比以及凝析油含量综合划分气藏流体类型, 对低含凝析油凝析气藏给出明确划分, 即: (1) 根据相态变化特征, 井筒降压条件下发生反凝析; (2) PVT 闪蒸实验获得气油比大于 10686 (m³/m³) 以及凝析油含量低于 100g/m³。

2 气田凝析油产出特征分析

低含凝析油气藏因凝析油含量较低,考虑经济因素直接采用常规气藏开发方式,即为不保持压力和不回注天然气的枯竭式开采。当低含凝析油气井生产过程中,凝析气产出主要经过储层至井筒降压、井筒-集气站降压降温两个阶段,凝析油产出特征也存在差异

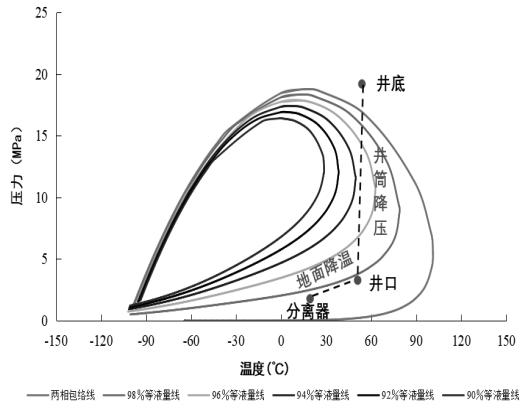


图1 神府气田神33井相图特征

(1) 储层-井筒产出特征

当凝析气在原始储层条件下地层压力高于露点压力,凝析油还未从凝析气中析出时,原始条件下孔隙中的凝析气所含组分为全烃组分。随着气井投产,储层地层压力下降至露点压力以下,孔隙中凝析气所含的重质组分开始析出分散微小凝析油雾状液滴,且在凝析气流速较缓处(小孔道或者死孔隙)凝析油在孔壁表面聚集,而在大孔道中随着凝析气的流动将更易将凝析油携至井筒中^[4-7]。

据大量衰竭式凝析气藏开采特征统计,压降为露点压力前30%,地层析出凝析量最多,压降位于30~60%次之^[8-10]。通过开展低含凝析油PVT恒温等容衰竭实验,初步认为低含凝析气藏降压衰竭开采的凝析油析出特征与常规气藏类似。例如,陕西榆林神府气田神07井(凝析油含量36.8g/m³)PVT恒温等容衰竭实验(图2):压力降幅达到露点压力约30%~40%时,凝析油采出程度增加幅度较快,意味着储层凝析油析出量较多,而当压力降幅超过40%后,储层凝析油析出放缓,且由于随着地层压力下降气井携液能力变差,因此新井投产初期地层析出凝析油量较多,生产后期较少。

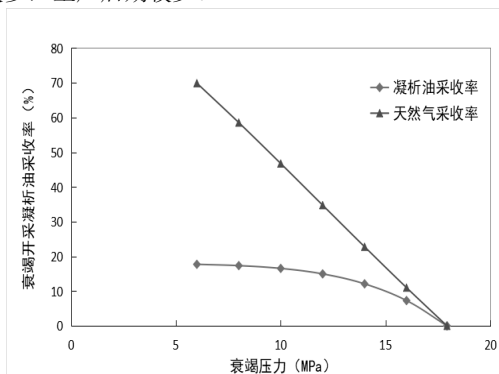


图2 定容衰竭过程流体采出程度变化

(2) 井筒-集气站产出特征

生产井投产初期储层凝析油析出量相对较多,因此储层凝析油被凝析气携带至井筒,并随气流携带至集气站分离器而被分离成不稳定凝液,因此在新井生产初期,井筒、井台水套炉、

集气站分离器均可能收集到较多凝析油。

新井生产一段时间后,储层降压开采几乎不再析出凝析油,但凝析气可在井筒-集气站降压降温作用进一步析出凝析油,其中地面节流和较低的环境温度带来的降温作用对凝析油析出更为敏感,因此集气站在冬季往往回收更多凝析油。值得注意的是析出凝析油量还与凝析气在地面设备的滞留时间、降压蒸发有关,例如集气站未配置段塞流捕集器时可能因凝析气在地面分离器滞留时间太短,而无法及时分离出凝析油,同样配置压缩机会降低集气站进站压力可致凝析油挥发,从而减少分离器分离凝析油量。

3 凝析油对开采的不利影响

凝析油具备较高的经济价值,但气井凝析油产出对开采的不利影响不可忽略,主要可以归结为储层渗透率伤害、集输管网积液、抑制泡沫排水采气效果以及生产运维存在的安全隐患等不利影响。

(1) 渗透率伤害降低单井产量

储层析出的凝析油首先会吸附在多孔介质孔隙表面,或是进入储层微小的孔隙空间,从而减少气相有效的流动空间,甚至堵塞气相的流动通道,最终导致气井产能降低。低含凝析气藏定容衰竭开采过程中往往反凝析液量较小(图3),占据的气相流动空间较少,因此低含凝析气藏析出的凝析油相对于常规凝析气藏对储层伤害的程度小。

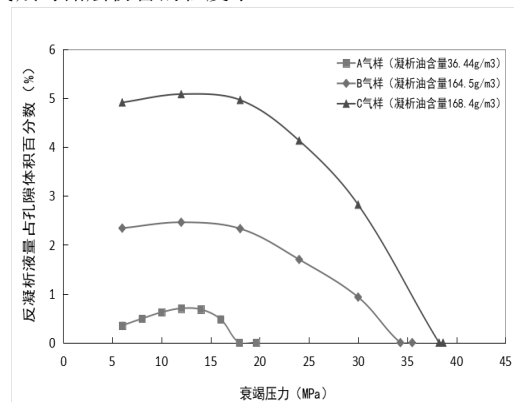


图3 定容衰竭过程反凝析液量变化

特别在低孔低渗的致密气藏中,如图4所示,低含凝析气藏在储层析出的凝析油对储层伤害不可忽略,并且由于近井地带凝析油聚集效应,近井地带凝析油对渗透率的伤害大于在地层远端,其近井和远井储层伤害程度差异大于中含凝析气藏和高含凝析气藏。

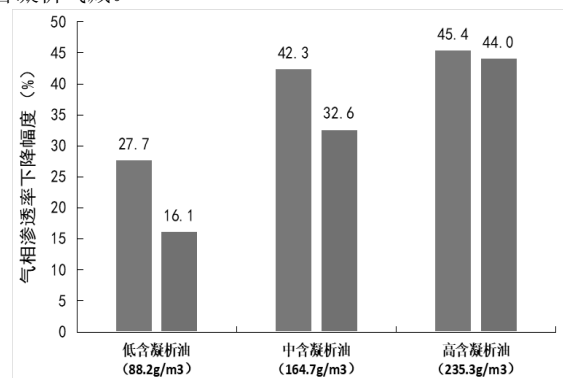


图4 不同凝析油含量储层伤害对比^[11]

(2) 管网积液抑制气井产能

凝析气井产出凝析油可能在井口至集气站的采气管线以及集气站至下游的长输管线聚集形成积液。新井或者新井台在投产初期,凝析气井将产出较多凝析油,当采气管线距离集气站较远或者管线起伏较大时,凝析油可能在管线低洼处聚集,增加管线输差,增加管线汇压,从而降低气井生产压差,抑制气井产能释放;同理集气站至下游的长输管线也容易聚集分离器未分离的凝析油和外输气量因降温而进一步析出的凝析油。

(3) 消泡作用抑制泡排效果

泡沫排采常作为气田开采过程中性价比较高的排水采气措施,而凝析油是天然的消泡剂。当油脂与泡排接触时,泡沫液膜表面的张力会被迅速降低,从而使气泡破裂,因此低含凝析油气藏开采时,泡排剂应选择高抗凝析油起泡剂。

(4) 生产运维安全环保隐患

凝析油属于易挥发、易产生静电以及易燃的液体,极易在在转运和存储过程中发生安全事故。例如,凝析油转运若采用装卸车过程中未完全密闭或者管线和设备未做防静电跨接线和接地,则容易发生起火或爆炸。同时由于凝析油密度比水和分离器磁性浮子液位计的浮子密度均小,因此在长输管道清管作业过程时,凝析油由于密度比水低而先排出,而分离器液位计的浮子密度较大而上浮滞后,因此凝析油将被清管球推至下游用户,对下游用户生产运行带来一定安全风险。

4 低含凝析气藏开采建议

(1) 对主力层位进行井下取样获取凝析油含量,评价回收凝析油的经济性。为了评估地面分离回收设备的经济性,需要确定区块凝析油含量。由于低含凝析气藏生产过程短时间析出凝析油含量较低且极易挥发,地面分离器取样凝析油无法确定气油比,因此建议勘探前期对主力层位进行井下取样。

(2) 配套地面分离回收设备,减少凝析油对集输管网的影响。具备较好的轻烃回收经济性或下游客户对气质有严格要求的低含凝析气藏,可以在集气站配置丙烷回收装置对凝析油进行低温回收;对于小型低含凝析气藏可在集气站三相分离器配置段塞流捕集器,增加凝析气在地面滞留时间,提高分离器分离效率,减少外输管网积液,定期清管作业。

(3) 适当提高气井配产促进凝析油采出,同时选择抗凝析油体系泡排剂提高低含凝析油气井泡沫排水采气效率:当地层压力衰竭至最大反凝析压力之前,压降速度越大,随高速气流带出的越多,因此适当地提高压降速度对缓解反凝析污染有一定的作用,有利于凝析气藏的高效开发。同时由于凝析油是天然的消泡剂,选择抗凝析油体系泡排剂有利于起泡剂见效,减少气井井筒积液。

5 结论

(1) 低含凝析油气井生产过程中,凝析油析出可以划分为储层至井筒降压、井筒-集气站降压降温两个阶段,通常当凝析油采出程度随压力降低的变化幅度呈先快后缓时,新井投

产初期地层降压析出凝析油量由多变少;同时在地面集输中,降温对凝析油析出更为敏感,因此集气站冬季往往回收更多凝析油。

(2) 低含凝析气藏开采过程中存在凝析油对储层伤害、集输管网积液、减小常规泡排剂起泡效率以及生产运维安全风险等不利影响,影响气井产能释放和集气站生产运行。

(3) 在低渗的致密气藏中,低含凝析气藏在储层析出的凝析油对储层伤害不可忽略,并且由于近井地带凝析油聚集效应,近井地带凝析油对渗透率的伤害大于在地层远端。

(4) 低含凝析气藏开采,建议勘探前期对主力层位进行井下取样确定凝析油含量和评估凝析油回收经济性,可通过丙烷回收装置或段塞流捕集器等配套地面设备和定期清管来减少凝析油对集输管网的影响,并适当提高气井配产促进凝析油采出,同时选择抗凝析油体系泡排剂提高低含凝析油气井泡沫排水采气效率。

【参考文献】

- [1]伍轶鸣,孙博文,汪鹏,郭平,陈思,王少飞,刘志良.低含凝析油低渗凝析气藏凝析油污染评价及解除方法实验[J].科学技术与工程,2019,19(19):124-128.
- [2]郭平,刘宇,杜建芬,王少飞,张雅玲.苏里格气田取样代表性及凝析油污染[J].科学技术与工程,2018,18(26):103-107.
- [3]潘永东,李官全.油气田轻油(凝析油)装车安全若干问题探讨[J].石油化工安全环保技术,2010,26(04):35-37
- [4]徐绍祖.凝析油单元 ASPEN HYSYS 模拟优化[D].北京化工大学,2018.
- [5]石志良.凝析气藏气液变相态渗流理论研究[D].中国科学院研究生院(渗流流体力学研究所),2004.
- [6]史林祥.凝析气藏相态特征及其开发规律研究[D].中国地质大学(北京),2019.
- [7]隋淑玲,郭平,杜建芬,肖丽仙.低渗多孔介质中凝析气衰竭实验研究[J].西南石油大学学报(自然科学版),2010,32(03):97-100
- [8]李连江.挥发油藏和凝析气藏开采技术[M].石油工业出版社,2012.
- [9]汪周华,郭平,孙风景,姜贻伟,毕建霞.桥口气藏凝析油采收率研究[J].石油学报,2005(06):74-77.
- [10]郭平,杜志敏,苏畅,李海平,李士伦,孙良田.富含凝析油型凝析气藏衰竭开发采收率研究[J].天然气工业,2004(11):94-96.
- [11]冯强汉,邓宝康,杨映洲,贾金娥,彭雪花,袁嘉廉.致密砂岩凝析气藏反凝析伤害评价及解除方法[J].大庆石油地质与开发,2020,39(02):139-146.

作者简介:彭川(1994—),男,工程师,硕士。现从事致密气开发与生产动态分析。