

火山岩气藏采气工艺及方案设计要点

李文魁¹ 刘岩¹ 周广厚¹ 王云¹ 曹光强¹ 吴晓东²

1. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院 2. 中国石油大学(北京)石油天然气工程学院

李文魁等. 火山岩气藏采气工艺及方案设计要点. 天然气工业, 2010, 30(2): 58-60.

摘要 火山岩气藏地质和开发特征具有特殊性, 对其采气工艺及方案设计开展了相应的研究与探讨。以松辽盆地的大庆徐深气田和吉林长岭气田为例, 运用理论与现场实际分析相结合的方法, 研究了火山岩气藏在完井方式选择、储层改造、防腐工艺及排水采气等采气工艺方面的特点, 并指出了火山岩气藏采气工程方案设计中应重点考虑的关键点。研究表明: 火山岩气藏固相侵入、水锁伤害严重, 必须全生产过程进行储层保护; 裂缝开启机理复杂, 需采取合理的压裂设计与工艺措施, 如加支撑剂前加细粉砂等; 同时考虑到火山岩气藏 CO₂ 含量普遍较高, 在生产过程中应加强防腐工作。

关键词 火山岩气藏 完井方式 采气工艺 方案设计 水锁 裂缝(岩石) 防腐

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2010.02.013

1 火山岩气藏地质与开发特征

1.1 储层分布特点

火山岩气藏气层由多段组成, 含气井段长, 单一气层厚度变化大。平面上, 分布较为分散, 连续性差。区块之间不连续, 但区块内气层平面上可以叠加连片。

1.2 气藏特征

1.2.1 储渗空间

火山岩储集空间类型具有多样性, 既有孔隙又有气孔和裂缝, 孔隙结构十分复杂。火山岩渗流通道也比较复杂, 既有孔隙吼道, 也有裂缝, 甚至有串珠状气孔。火山岩孔隙连通性差, 虽然有原生孔隙存在, 但多数呈孤立状, 因而难以对储渗起作用。而在有裂缝存在的岩段, 虽然孔隙度几乎没有什么增加, 但渗透率却高达几百、甚至几千毫达西, 可见裂缝在改善火成岩储集性能方面所起的重要作用。

1.2.2 储层物性类型

火山岩气藏孔渗普遍较低, 多为中—低孔、中—低—特低渗储层。

1.2.3 气水系统

总体气水关系复杂。徐深火山岩气藏构造高部位

为纯气层, 构造低部位为气水同层或水层; 长岭主体区块具统一气水界面, 为底水构造气藏。

1.3 气藏温度压力特征

大庆徐深气田地层压力系数为 1.020~1.067, 地温梯度为 3.08 °C/100 m^[1]; 吉林长岭 1 号压力系数平均为 1.132; 地温梯度平均为 3.412 °C/100 m。均属正常温度系统。新疆陆东—五彩湾火山岩气藏属正常温度系统^[2], 压力系数介于 1.16~1.33, 有部分井区属异常高压。

1.4 流体特点

吉林长岭、大庆徐深和新疆五彩湾火山岩气藏都是以甲烷为主的干气藏, 不含 H₂S。长岭气田 CO₂ 含量高且稳定, 平均 27.19%; 徐深气田 CO₂ 含量变化较大, 0.54%~31%; 五彩湾气田 CO₂ 含量低, 最高只有 0.32%。

1.5 开发特征^[3-4]

1) 气井试气无阻流量普遍较低, 徐深气田以小于 10×10⁴ m³/d 为主, 长岭气田无阻流量介于 15.4~74.5×10⁴ m³/d。

2) 徐深气田各井产量差异大, 多数井产量较低, 需压裂措施方可获得工业气流; 长岭 1 号气田产量较高,

作者简介: 李文魁, 1965 年生, 教授, 博士; 从事采气工艺与技术、完井方式与射孔优化、管柱理论分析与损伤修复技术等方面的研究工作, 获省部级二等奖 4 项、三等奖 2 项, 出版专著 4 部, 发表论文 63 篇。地址: (065007) 河北省廊坊市 44 号信箱。电话: (010) 69213171。E-mail: lwk69@petrochina.com.cn

但有部分井仍需压裂改造。

3)单井产量、压力递减快,关井压力恢复缓慢,表明储层物性差、外围供给能力弱,需合理控制采气速度,提高最终采收率。

4)气水关系复杂,存在裂缝、边水、底水,需控制一定的生产压差。

5)储层连通性差,单井控制动态储量少。

2 火山岩气藏开采工艺特点

2.1 完井方式选择

火山岩储层产能低,存在边、底水,具有改造增产的潜在要求,因此直井、水平井的主体完井方式都选择射孔完井。对于产能高、无须压裂的水平井,由于火山岩出砂的风险比较小,可选用筛管+管外封隔器或裸眼方式完井。

2.2 储层改造

火山岩储层虽然微裂隙较发育,但大多基质渗透率低、物性差,压裂前大部分井很难达到工业产气量,需通过人工裂缝有效沟通天然裂缝,提高单井控制面积,获得较高产能。因此压裂改造是保证火山岩气藏有效开发的重要手段。

但火山岩的压裂又有其特殊性。这是由于火山岩中的大量微裂缝,如不加控制,在压裂中会出现多条裂缝同时开启,这些开启的小裂缝及岩体中的微裂缝只过液不过砂,导致局部砂桥而使施工失败^[5]。因此,必须优化压裂方案设计,以形成有足够宽度与长度的主裂缝,才能保证施工顺利,从而大幅提高气井产能。

2.3 防腐工艺

防腐技术主要采取两条路线:①特殊管材防腐。铬钢(主要是 11Cr、13Cr,更高级的有 HP13Cr、22Cr 等)、内涂层油管、非金属管、双金属复合油管等。②缓蚀剂应用。可用普通碳钢 P110 或 N80+井下封隔器+油套环空加缓蚀剂。由于低合金钢(3Cr、9Cr)耐蚀性比碳钢无明显优势且价格高出 2~3 倍,因此可用普通碳钢而不用低合金钢。

徐深气田达深 3 区块 CO₂ 分压在 0.012~10.24 MPa 范围内,井底温度最高达 142 ℃,必须采取防腐措施。从采用普通管材并加入缓蚀剂、采用内涂层油管以及 11Cr 管材 3 种选择方案的单井总投资费用对比可看出:①对于生产年限较长的一类井,在 10 年的生产期内,采用 11Cr 管材要比普通管材加入缓蚀剂更加经济;此生产年限使用内涂层油管虽然经济,但后期效果不一定好,综合考虑采用 11Cr 管材更合理。②对

于生产年限短的二、三类井,使用普通管材+缓蚀剂或者内涂层管材要比使用 11Cr 管材更经济。

2.4 排水采气

从火山岩气藏开发特征来看,气水关系复杂、存在边底水、裂缝发育,因此气井出水会比较严重,选择适宜的排水采气方式是稳产的必要条件。徐深气田有的气井出水已比较严重,但目前大庆徐深气田的大部分井能携液生产,未大面积采取气举措施。由于泡排技术比较成熟,适合气井产水量小的情况,比较适合达深 3 区块的气井。目前达深 3 区块正在一些井上进行试验,优选适合的泡排剂。

大庆在下白垩统登娄库组的深层产气量低、高产水的气井上成功应用了气举辅助排液采气工艺,对徐深火山岩气藏很有借鉴意义。

3 火山岩气藏采气工程方案设计要点

火山岩气藏采气工程方案设计和常规气藏一样要严格按《采气工程方案设计编写规范》和《天然气管理规定》的基本原则进行设计,方案设计的方法应具有科学性、方案设计的内容应具有针对性和完整性、方案设计的实施具有较强的可操作性与经济可行性。这里主要针对火山岩气藏特征进行方案设计要点探讨。

3.1 关于储层保护

首先要通过敏感性实验来确定储层伤害的原因。对于低孔低渗、裂隙发育的火山岩储层,固相入侵、水锁通常是首要的伤害原因;其次分析采气作业中可能导致的气层伤害。表 1 为火山岩气藏在各种作业中可能造成气层伤害的主要形式。

表 1 采气作业中气层伤害的形式表

作业过程	气层伤害的形式
射孔作业	1)压实带的形成;2)射孔液与储层不配伍引起水锁及黏土膨胀等;3)固相堵塞
压裂	1)压裂液残渣或固相堵塞支撑剂孔道;2)滤液引起的黏土膨胀等
采气	采气速度过大引起储层微粒运移
修井	1)修井液滤液与储层不配伍引起黏土膨胀、颗粒运移、无机沉淀;2)残留固相堵塞渗流通道

针对敏感性分析结果和各种作业中导致储层伤害的形式,制定具体、有效的保护措施。根据大庆徐深某区块岩心敏感性实验结果,对入井液提出了以下要求:①无固相体系;②入井液中加入适当的表面活性剂或使用非水基作业液降低入井液的表面张力和界面张

力,减轻水锁损害程度;③矿化度高于 14 000 mg/L,加入聚季胺盐等黏土稳定剂,防止水敏;④减少入井液滤失量,压井液等密度一般控制在 1.1~1.25 g/cm³。

作业中通过下列措施,减轻或消除伤害:①尽量采用近平衡钻井,负压射孔;②尽可能开展各种联作技术,减少重复压井引起的储层损害;③优化施工设计,简化作业工序,缩短浸泡时间;④条件许可时,压裂后采用不压井作业施工。

3.2 完井设计

火山岩储层的特点是裂隙发育、低孔低渗。因此压裂增产、控制边底水以及防腐,应成为火山岩气藏选择完井方式的首要考虑因素。同其他完井方式相比,套管射孔完井有如下特点:

- 1)选择性射开不同压力物性气层,避免层间干扰。
- 2)避开夹层水、底水;避开夹层坍塌。
- 3)具备分层采气和选择性压裂或酸化等分层作业条件。

因此,火山岩储层的直井、水平井的主体完井方式都选择套管射孔完井。由于火山岩储层低孔低渗、出砂风险比较小,对于产能高、无须压裂的水平井,也可考虑选用筛管+管外封隔器或裸眼方式完井。

3.3 采气井口优选

对于 CO₂ 含量较高的火山岩气藏,在选择采气井口时要优先考虑材料级别,其次是压力等级、温度等级等。大庆徐深和吉林长岭 1 号火山岩气田的井口基本要求如下。

- 1)材料级别:按标准用 CC 级即可,但考虑国内材料质量,可用 FF 级。
- 2)耐温等级:LU(-46~121 ℃)。
- 3)压力等级:70 MPa。

3.4 排水采气工艺

排水采气的方法主要有泡沫排水、气举排水(连续气举、间歇气举)、机抽排水、电潜泵排水、射流泵排水等。各种排水采气方法有其技术特点和适应条件,大庆和长岭火山岩气藏排水采气方法主要以泡沫排水和气举为主。

3.5 防腐设计

大庆和长岭火山岩气藏气井的 CO₂ 腐蚀普遍严重。CO₂ 的腐蚀主要是由于 CO₂ 溶于水生成碳酸引起的电化学腐蚀所致。从以下几方面对腐蚀程度进行初判:

- 1)根据静压以及 CO₂ 含量,计算区块典型井的 CO₂ 分压情况。

2)判断地层水的 Cl⁻ 以及矿化度情况。

3)当温度低于 60 ℃时,以均匀腐蚀为主;当温度在 60~110 ℃时,局部孔蚀严重;当温度高于 150 ℃时,腐蚀率下降。

4)如果 pH 值大于 8,则会大大减弱腐蚀程度。

根据以上评判及生产实际综合判断影响气井油套管腐蚀的主要原因、程度(指不腐蚀、腐蚀还是严重腐蚀)及各种因素的腐蚀速率等。然后根据井的产量、开采年限,再结合腐蚀初判,计算采用各种防腐措施所需要的费用进行防腐方案选择。

对于产量高、开采时间长、经济效益好而腐蚀严重的井需要重点保护,考虑采用 11Cr、13Cr 及以上钢级管材增加其使用年限;对于产量中等、经济效益一般的井,若腐蚀严重可采用低铬钢加注缓蚀剂的方法或采用高铬钢;对于产量低、经济效益差的井,只采用普通管材加注缓蚀剂防腐。

4 认识与建议

1)针对火山岩气藏,要精心组织、周密细致做好采气工程方案的编制工作。

2)火山岩气藏由于固相入侵、水锁伤害严重,必须全生产过程进行储层保护。

3)火山岩气藏压裂裂缝开启机理复杂,需要加强测试压裂分析,采用合理的压裂措施,例如,加支撑剂前加细粉砂压裂技术等。

4)火山岩气藏大多 CO₂ 含量高,需要加强实施防腐措施:对于高产井,选用不锈钢管材防腐;对于低产井,选用普通钢管材防腐剂防腐。

5)火山岩气藏排水采气方式优先采用优选管柱、泡排和气举。

参 考 文 献

- [1] 徐正顺,王渝明,庞彦明,等.大庆徐深气田火山岩气藏的开发[J].天然气工业,2008,28(12):74-77.
- [2] 高先志,沈楠,何万军,等.彩 25 井区石炭系火成岩气藏形成条件[J].天然气工业,2008,28(5):18-20.
- [3] 曹宝军,李相方,姚约东,等.火山岩气藏开发难点与对策[J].天然气工业,2007,27(8):82-84.
- [4] 袁昭,杨传宏.火山岩油气藏开发相关问题探讨[J].吐哈油气,2008,13(3):263-268.
- [5] 刘合,闫建文,冯程滨,等.松辽盆地深层火山岩气藏压裂新技术[J].大庆石油地质与开发,2004,23(4):35-37.