

火驱采出气集输过程中难点探究

丁宇

中油(新疆)石油工程有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]本文基于火驱采出气特点,探究了采出气集输过程中脱水、酸性气体腐蚀和增压方式等难点。集输过程中宜采用分子筛脱水工艺,增压方式宜选用螺杆压缩机和往复压缩机组合方式;增压过程中空冷器可能堵塞,应定期利用热水和硫溶剂对空冷器进行冲洗;脱水后采出气集输选取碳钢+缓蚀剂,不脱水采出气集输选用钢骨架复合管,集输压力>12MPa宜选用双金属复合管。

[关键词]火驱;采出气;集输;腐蚀

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2020.02.2071

1. 前言

稠油油藏进入开发中后期存在油气比低、含水率高、经济效益低下等问题,急需转换开发方式。火驱采油是一种很好的稠油开采转接方式,能够在注蒸汽基础上进一步提高原油采收率^[1]。目前,国内辽河、新疆、胜利和吉林等油田都先后开展可火驱采油工业化试验,其中辽河油田和新疆油田已经进入工业化阶段^[2]。

火驱开采过程中产生伴生气,采出气中含有大量的非甲烷总烃、硫化氢、三氧化硫、一氧化碳等气体^[3]。采出气排放过程中需要遵守《大气污染物综合排放标准》和《恶臭污染物排放标准》中相关规定。因此,火驱工业化开发如何高效处理采出气已经成制约火驱工业化发展的关键环节。

2. 采出气组成特点

火驱采出气是原油在地层下不充分燃烧的产物,其主要由注入的气体、燃烧生成的气体、烷烃、水蒸汽等组成。采出气组成受地下燃烧状况、注气速度、注气压力、原油组成的影响,所以采出气的组成不是一成不变的,是动态变化^[4]。

表1 国内某油田火驱采出气组分表

组 分	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅₊	CO ₂
预测值(%mol)	4.49	0.39	0.23	0.27	0.15	13.93
预测波动范围	1~8	0~0.5	0~0.3	0~0.4	0~0.2	10~16
组 分	H ₂ S	SO ₂	N ₂	H ₂	O ₂	CO
预测值(%mol)	0.1	0.03	78.76	0.5	1.0	0.15
预测波动范围	0.03~0.3	0~0.05	75~80	0~2	0~3	0~1

由上表可以看出火驱采出气存在以下特点:

- 1) 火驱采出气非甲烷总烃超标;
- 2) 热值低,不能直接燃烧;

3) 采出气硫化氢含量超标;

4) 采出气组分波动范围大;

5) 采出气中含有H₂S和O₂,存在硫磺堵塞的问题。

采出气处理技术现状

火驱开采工艺起步较晚,因此国内外对采出气处理研究很少。这些工艺从目的上讲,主要为达标排放和回注两大类^[6]。采出气中的主要超标物质是非甲烷总烃和硫化氢,达标排放主要是将传统的脱硫处理工艺和非甲烷总烃处理工艺相结合。火驱采出气的处理主要有以下两个途径,对于H₂S和烷烃含量较低的火驱采出气,通常选用直接排放;烷烃含量较高的采出气经过焚烧后排放。中油(新疆)石油工程有限公司长期从事火驱采出气处理技术研究,形成《稠油火驱采出气全密闭流程环保处理方法及装置》和《稠油火驱采出气中不凝气的处理方法及装置》两项专利技术。回注是通过压缩机将采出气压缩后回注地层,避免了采出气排放到大气中造成环境污染,有利于环保^[6]。国内外针对气体回注开展了大量研究工作,但是对于火驱采出气回注技术的相关研究未见报道。两种工艺相比较,各有优缺点。达标排放处理工艺应用范围广、适应性强,但是不能避免采出气的排放,特别是温室气体的排放;回注工艺虽然能够实现采出气零排放,但是对地质条件要求高,很多油藏不具备回注条件。随着“双碳”技术的进一步推广,火驱采出气回注技术的发展迎来了新的发展契机。

3. 集输过程中难点探究

火驱采出气是原油在地层下不充分燃烧的产物,采出气中含有CO₂和H₂S等酸性气体,并且具有气体温度高、温度高、水含量高和压力低等特点^[7]。在集输过程中,需要综合考虑脱水、酸性气体腐蚀、增压方式和集输方式等内

表1 脱水工艺比选

名称	分子筛脱水(推荐)	丙烷外冷脱水
原理	变温吸附	低温分离
投资费用	260万元	460万元(含注醇和再生工艺)
电耗	80kw	130kw
运行费用	42万元	75万元
优点	1. 投资较低,运行费低; 2. 自动化程度高; 3. 脱水程度稳定。	1. 该技术应用广泛,技术成熟; 2. 核心设备不与采出气接触。
缺点	1. 吸附剂可能发生破碎; 2. 压降较大。	1. 投资和运行费用高; 2. 设备多,操作难度大。

表2 压缩机比选

项目	离心压缩机	螺杆压缩机	往复压缩机
应用范围	炼化行业	煤层气	天然气
优点	适用于气量平稳、大气量、分子量大的气体压缩。	1. 进口要求低； 2. 广泛用于低压气体； 3. 调节范围广。	1. 处理量大； 2. 调节范围广； 3. 压力适应性强。
缺点	1. 不适小分子和气量气体； 2. 调节范围小；3. 压比小。	1. 不适用高压； 2. 处理量相对较低。	1. 结构复杂； 2. 运行费用高。
适应性	不适用	适用	适用

容。本文以采出气处理量为 $10.0 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$ ，温度 60°C ，压力 0.1MPa ，饱和含水，输送距离 15km 对以上内容进行比选。

3.1 脱水工艺选择

气体脱水工艺种类较多^[8]，主要有低温分离法、分子筛脱水、变压吸附、三甘醇脱水、膜分离法和超音速脱水法等，本文选取低温分离法（丙烷外冷）和分子筛脱水工艺进行比选，详见表1。

从上表1可知，无论购置费还是操作费用，分子筛脱水均低于丙烷外冷法脱水。因此，本工程从降低投资，确保生产适应性角度出发，推荐采用分子筛脱水工艺。

3.2 增压机选择

当前常用压缩有离心压缩机、螺杆压缩机和往复压缩机三种，本文选以上三种压缩机进行比选，详见表2。

由表2可知，由于采出气压力低，增压宜选用螺杆压缩机和往复压缩机。螺杆压缩机用于火驱采出气初步增压，往复压缩机用于火驱采出气二次增压。压缩机费用与集输压力相关，并且随压力增高 CO_2 分压增高，压缩机腐蚀风险不断增大

3.3 管材选择

当压力低于 0.021MPa 时不考虑腐蚀控制；在 $0.021 \text{MPa} \sim 0.21 \text{MPa}$ 之可能出现腐蚀；当 CO_2 分压高于 0.21MPa 时需要进行腐蚀控制。当采出气集输压力大于 1.6MPa 时， CO_2 分压高于 0.21MPa ，会造成严重腐蚀。本文基于采出气增压和集输过程可能存在工况，对管材进行比选^[9]，详见表3。

由上表可知，脱水后采出气集输选取碳钢+缓蚀剂，不脱水采出气集输选用钢骨架复合管，当集输压力高 12MPa ，气体管道宜选用双金属复合管。

3.4 空冷器堵塞预防

压缩机出口温度在 $20 \sim 150^\circ\text{C}$ ；空冷器出口温度在 50°C 左右。增压过程中 H_2S 和 O_2 发生反应，生成硫磺。在压缩机气缸内温度超过 112.8°C ，硫磺会以液态形式存在，并随气体排出，经空冷器降温至 50°C 左右，硫磺会变成固态凝结到管壁上，造成空冷器堵塞，严重影响压缩机的平稳运行。为有限避免空冷器堵塞，应定期利用热水和硫溶剂对空冷器进行冲

洗^[10]。

4. 结论

本文基于火驱采出气的组成特点和变化规律，针对采出气集输和压缩过程中，可能面临脱水、酸性气体腐蚀、增压方式和空冷器堵塞等难点进行探讨，形成结论如下：

- 1) 火驱采出气宜采用分子筛脱水工艺；
- 2) 增压宜选用螺杆压缩机和往复压缩机组合方式；
- 3) 脱水后采出气选取碳钢+缓蚀剂，不脱水采出气选用钢骨架复合管；
- 4) 采出气增压过程中，可能产生空冷器堵塞，应定期利用进行冲洗。

参考文献

[1] 关文龙, 席长丰, 陈亚平, 等. 稠油油藏注蒸汽开发后期转火驱技术[J]. 石油勘探与开发, 2011(04): 452-462.

[2] 王元基, 何江川, 廖广志, 等. 国内火驱技术发展历程与应用前景[J]. 石油学报, 2012, 33(5): 6: 909-914

[3] 王春燕, 王天明, 张哲. 浅谈火驱油田地面集输处理工艺难点与对策[C], 中国石油学会. 中国石油学会, 2015

[4] 滕立勇. 火驱采油尾气在线监测仪的试验与应用[J]. 石油管材与仪器, 2016, 2(5): 63-65

[5] 李欣迎. 火驱尾气回注H油藏驱油及埋存效果室内研究[D]. 西南石油大学, 2019.

[6] 李家燕. 新疆油田在红48断块首次开展火驱烟道气提高采收率先导试验[J]. 新疆石油科技, 2018, 28(4): 9-9.

[7] 陈磊. 含气量对火驱采出液脱水影响规律研究[J]. 油气田环境保护, 2015, 25(2): 5-6

[8] 刘松玲, 侯新文. 天然气脱水技术进展[J]. 广州化工, 2013, 41(19): 34-35

[9] 田忠, 赵渊, 张粉艳, 等. 钢骨架塑料复合管的性能及应用[J]. 石油化工应用, 2008, 27(5): 1-3

[10] 王红娟. 适用于高含硫气藏开采运输过程中沉积硫溶解的硫溶剂研究[D]. 西南石油大学, 2012.

表3 管材比选

管材方案	优点	缺点	价格 (DN150)
碳钢+缓蚀剂	在中低压力下，能够一定程度解决 H_2S 和 CO_2 的腐蚀问题。	碳钢对Cl的腐蚀抵抗能力较弱，缓蚀剂筛选困难，运行费用较高。	200元/m
钢骨架复合管	耐腐蚀，能抵抗酸性条件腐蚀。	气体集输领域应用较少，主要用于城镇燃气管网，集输压力低。	290元/m
双金属复合钢管	由于不锈钢膨胀系数比碳钢大，可以耐一定浓度的Cl腐蚀。	造价高，焊接要求较高。	520元/m
镍基合金管	耐氯化物应力腐蚀、硫化物应力腐蚀性能及耐点蚀性能好。	材料成本太高，投资高	1600元/m