

油田单井汽车拉油站工艺改进研究

钟荣强¹, 刘英杰¹, 崔伟¹, 饶何隆^{2*}

¹中石化西北油田分公司工程技术研究院, 新疆 乌鲁木齐

²西南石油大学石油与天然气工程学院, 四川 成都

Email: 270334197@qq.com, *812181587@qq.com

收稿日期: 2021年5月28日; 录用日期: 2021年6月30日; 发布日期: 2021年7月7日

摘要

目前油田单井原油汽车拉油工艺流程常采用加热闪蒸稳定工艺, 为此提出了降低设备投资, 提高油气收率, 减少环境污染, 具有较强的适应性的汽车带压拉油工艺流程, 并对该工艺流程进行了包括罐车材质选择、供配电设备、仪表自控与通信在内的配套设计, 为油田新建单井原油拉油提供了新方法。

关键词

单井, 拉油流程, 汽车带压拉油, 工艺改进

Study on Process Improvement of Single Well Automobile Drawing Oil Station

Rongqiang Zhong¹, Yingjie Liu¹, Wei Cui¹, Helong Rao^{2*}

¹Engineering Technology Research Institute of Northwest Oilfield Company of Sinopec, Urumqi Xinjiang

²School of Petroleum and Natural Gas Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu Sichuan

Email: 270334197@qq.com, *812181587@qq.com

Received: May 28th, 2021; accepted: Jun. 30th, 2021; published: Jul. 7th, 2021

Abstract

At present, the heating flash stabilization process is often used in single well automobile drawing oil process. Therefore, the automobile drawing oil process with pressure with high adaptability is proposed, which can reduce equipment investment, improve oil and gas yield, reduce environmental pollution. In addition, for the process, supporting designs including tanker material selection, power supply and distribution equipment, instrument automatic control and communication are carried out, providing a new method for new single well crude oil drawing.

*通讯作者。

Keywords

Single Well, Drawing Oil Process, Automobile Drawing Oil with Pressure, Process Improvement

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

单井拉油站拉油工艺始于上世纪中后期,主要用于运输偏远地区小断块油田原油。常规拉油站一般采用“三管伴热非密闭集输流程”,即“单井来油→计量阀组→换热器→分离器→油罐→汽车拉油”。由于该流程所需设备复杂多样,耗能大且原油蒸发损耗大,多年来多位工程师在该工艺的基础上对其进行了优化改造。刘全宏[1]等在华北油田某拉油站,改“三管伴热”为“电伴热”工艺,很大程度上简化了拉油站工艺系统。方群[2]在京 57 拉油点增加二级分离器,提高了单井产量。王俊玲[3]等在西 48 拉油站中采用分离缓冲罐及高效加热炉和油气混烧燃油器,充分利用油田伴生气资源,适应了集油工况改变及季节变化的需要。

在对常规拉油工艺进行改造时,前人多从设备方面入手,非密闭性运输这一特点并未改变。然而事实上,非密闭正是导致原油损耗量大的重要原因之一。本文旨在将拉油站的非密闭拉油工艺改进为密闭拉油,以期最大程度上节省能耗。现以新疆某油田拉油站为例。

新疆某油田为确定油气藏位置,圈定油气藏边界,在边远地区部署探井,后期探井转生产井,因探井距离管网建成区距离较远,建设单井拉油站对原油进行稳定、汽车运输方式集输单井原油,助力油田快速上产。由于外部环境保护政策要求不断提高,内部油田降耗增效压力持续增加,需实现低成本快速高效开发,现对已建单井拉油站的流程进行优化,在满足原油拉运的要求下,最小化投资与能耗。

2. 原油物性

单井原油产量 $80 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$,伴生气产量 $16,000 \text{ Nm}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。单井原油物性见表 1,原油 TBP 数据见表 2,伴生气组分见表 3。

Table 1. Basic physical properties of crude oil

表 1. 原油基本物性表

分析内容	结果	分析内容	结果
水份/(wt%)	-	含盐量/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	9.24
密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	0.8003	含硫量/(wt%)	0.11
运动粘度/($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	2.98	含蜡量/(wt%)	-
开口闪点/($^{\circ}\text{C}$)	<23	凝固点/($^{\circ}\text{C}$)	-32
燃点/($^{\circ}\text{C}$)	<23	-	-

Table 2. Distillation data of crude oil at real boiling point

表 2. 原油实沸点蒸馏数据

馏程/(%)	初馏点	10	20	30	40	50	终馏点
温度/($^{\circ}\text{C}$)	73.7	125.7	151.5	179.8	211.6	246.0	306.1

Table 3. Associated gas assay data sheet**表 3.** 伴生气化验数据表

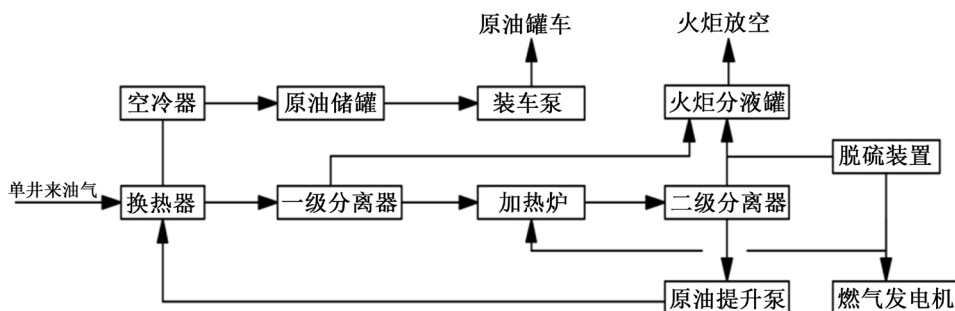
氮气	氧气	硫化氢	氫气	二氧化碳	甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	异戊烷	正戊烷	己烷及以上
15.517	0.174	0.501	0.092	4.298	64.226	7.915	4.124	0.673	1.193	0.305	0.356	0.628

3. 已建拉油站工艺流程分析

3.1. 已建拉油站工艺流程

已建拉油站工艺流程框图见图 1 所示,单井来油气(压力 600 kPa, 温度 25℃)经过换热器预热至 44℃ 后进入一级分离器,分离出的伴生气去火炬放空系统,分离出的原油经加热炉加热至 87℃ 后进入二级分离器,分离出的伴生气经脱硫后作为燃料气使用,多余部分放空,分离出的原油经泵提升增压输至换热器换热至 62℃,再经空冷器进一步冷却至 45℃ 以下,在卧式储罐中储存,采用汽车罐车拉运至联合站。

总的来说,已建工艺流程可概括为“单井油气先换热、一级油气分离;再加热、二级油气分离;多功能储集罐储油,并采用油罐车外运;分离出的伴生气第三方处理”。

**Figure 1.** Process flow diagram of built oil transportation station**图 1.** 已建拉油站工艺流程框图

3.2. 已建工艺流程模拟计算分析

表 4 是原拉油站物料平衡表,表 5 是原拉油站能耗计算表。

Table 4. Material balance of established oil drawing process**表 4.** 已建拉油流程物料平衡表

项目	进站	一级分离器入	一级分离器气相出	一级分离器液相出	加热炉出	二级分离器入
气液比	0.42	0.43	1.00	0.00	0.00	0.02
温度/(℃)	25.0	44.0	44.0	44.0	87.0	84.9
压力/(kPa)	600	580	580	580	530	150
质量流量/(kg·h ⁻¹)	3806	3806	616	3190	3190	3190
项目	二级分离器气相出	二级分离器液相出	提升泵出	换热器热流出	空冷器出	-
气液比	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
温度/(℃)	85	85	85	62	45	-
压力/(kPa)	150	150	500	480	450	-
质量流量/(kg·h ⁻¹)	30	3160	3160	3160	3160	-

Table 5. Energy consumption calculation table
表 5. 能耗计算表

项目	能耗/(kW·d ⁻¹)	备注
加热炉	99.18	燃料消耗, 约 280 Nm ³ ·d ⁻¹
空冷器	12.61	配置风机
提升泵	5.55	一用一备
装车泵	13.55	一用一备
电伴热	3.50	火炬除液器
电动阀	1.50	-
合计	134.49	-

原拉油站工艺存在以下问题:

1) 原油油气分离至常压(50~100 kPa), 45℃原油饱和蒸气压小于 100 kPa, 从表 1 可以看出, 拉油站中油气总的损耗为 16.97%。因此, 原油中的 C₄H₁₀、C₅H₁₂ 等轻组分损失较大。

2) 原油运输采用罐式车辆, 其最大可装载饱和蒸汽压小于 100 kPa (50℃)的原油, 且为常压容器与大气相通, 存在硫化氢和轻油组分放空污染环境, 且存在安全隐患[4] [5] [6] [7]。

3) 目前原油在拉油站内采用加热闪蒸稳定工艺, 流程复杂, 每天电耗 36.71 kW, 每天总能耗 134.49 kW, 能耗高[8] [9]。

4) 原拉油流程用电设备多, 用电量较大, 偏远油井未建成, 油区因无已建电网, 故原拉油流程适用性较差。

为了解决拉油站能耗高、原油中 C₄H₁₀、C₅H₁₂ 等组分损失大的问题, 提高经济效益, 减少动设备, 降低管理难度, 避免原油中气体挥发至空气中带来的安全和环保问题, 提出对原拉油站进行改造。

4. 拉油站工艺流程优化改造

拉油站原工艺流程采用加热闪蒸稳定工艺, 流程复杂, 能耗高, 采用带压拉运流程可适当提高原油的饱和蒸汽压, 降低能耗、简化拉油站流程[10] [11] [12] [13] [14]。

4.1. 工艺流程优化改造

图 2 是对原工艺改造后的流程框图。单井来的油气混合物, 进入一级分离器在压力 600 kPa, 温度 20℃下, 分离部分天然气, 分离出的部分天然气进入火炬分液罐后放空, 一级分离器出来的原油经降压后进入二级分离器, 在压力 150 kPa, 20℃下进一步闪蒸出部分天然气进入放散管放空, 二级分离器分离出的原油 (150 kPa) 进入装车鹤管带压装车。表 6 是对图 2 流程的模拟计算结果, 表 7 是流程简化后的能耗计算结果。

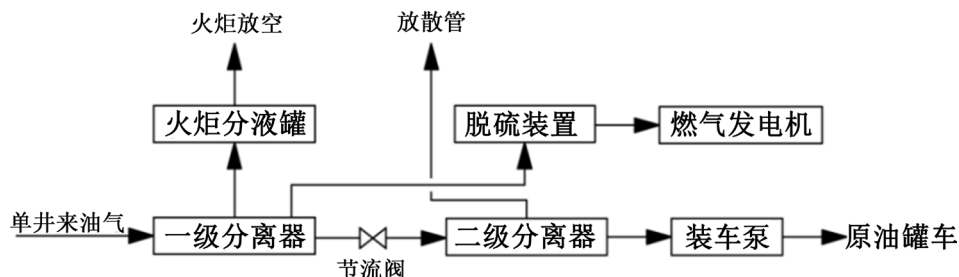


Figure 2. Process flow after revamping of oil transportation station

图 2. 拉油站改造后的工艺流程

Table 6. Material balance table of simplified process**表 6.** 简化后流程的物料平衡表

项目	进站	一级分离器气相出	一级分离器液相出	二级分离器入	二级分离器气相出	二级分离器液相出
气液比	0.42	1.00	0.00	0.01	1.00	0.00
温度/(°C)	25.0	25.0	25.0	25.0	24.8	24.8
压力/(kPa)	600	600	600	150	150	150
质量流量/(kg·h ⁻¹)	3806	592	3214	3214	9	3205

Table 7. Energy consumption calculation of simplified process**表 7.** 简化后流程的能耗计算表

项目	能耗/(kW·d ⁻¹)	备注
装车泵	13.55	一用一备
电伴热	3.50	火炬除液器
电动阀	0.30	-
合计	17.35	-

4.2. 优化流程与原流程对比优势

1) 简化了流程, 去掉了换热器、加热炉、空冷器、原油提升泵。对于新建拉油站可节约投资 450 万元。

2) 优化后站内用电设备最少化, 每天总能耗(此时为电耗)由 134.49 kW 降为 17.35 kW, 比原流程降低了 52.74%, 对偏远油区有很好的适配性。

3) 采用带压拉运原油 37.8°C 的饱和蒸汽压由 63 kPa 提高到了 174 kPa, 在拉油站中油气总的损耗由原来 16.97% 降为 15.79%, 减少了 1.18%, 同时提高了原油的质量(原油中 C₄H₁₀、C₅H₁₂ 含量增加了), 每年增加经济效益 510 万元。

4) 优化后站内燃气消耗最小化, 燃气消耗仅为发电用。

5. 优化改造后工艺配套设计

5.1. 罐车材质

该油田原油含一定量 H₂S, 需对优化改造后工艺所需的带压罐车进行防腐设计。现模拟计算在不同工况下, 罐车原油中 H₂S 含量, 得到的结果如表 8 所示。

Table 8. Calculation table of H₂S content of crude oil in tanker**表 8.** 罐车原油 H₂S 含量计算表

序号	罐车操作压力/(kPa)	原油 50°C 饱和蒸汽压/(kPa)	原油中 H ₂ S 含量/(ppm)
1	300	380.2	907
2	400	495.1	972
3	500	608.9	1011
4	600	721.9	1036
5	700	721.9	1036
6	800	721.9	1036
7	900	721.9	1036
8	1000	721.9	1036

依据计算出的 H₂S 含量, 结合表 9, 确定罐车的腐蚀环境类型, 从而对罐车材料进行选择。

Table 9. Types of corrosive environment

表 9. 腐蚀环境类型表

环境类型	CO ₂ 分压 MPa	H ₂ S 分压 kPa	腐蚀类型
一般环境	<0.05	<0.3	MLC
一般环境	0.05~0.21	<0.3	MLC
一般环境	>0.21	<0.3	MLC
酸性环境	<0.05	≥0.3	MLC, SSC, HIC/SWC, SOHIC, SZC
酸性环境	0.05~0.21	≥0.3	MLC, SSC, HIC/SWC, SOHIC, SZC
酸性环境	>0.21	≥0.3	MLC, SSC, HIC/SWC, SOHIC, SZC

由表 8 与表 9 可知, 罐车选材仅需防止硫化物应力开裂(SSC), 该环境处于 SSC1。根据《SY/T 0599-2018 天然气地面设施抗硫化物应力开裂和应力腐蚀开裂金属材料技术规范》, 罐车材质可为 Q345R 或 16MnR。

5.2. 供配电设备

根据改造后拉油工艺, 计算其用电量, 建议每个拉油站设置 20 kW 柴油发电机 2 台, 1 用 1 备; 流程内建设撬装配电柜 1 台, 配电柜内含进线柜 1 面, 出线柜 1 面, 软启动柜 2 面并配套建设电力电缆及防静电设施。

配供电工程量如表 10 所示。

Table 10. Power supply and distribution engineering quantity

表 10. 供配电工程表

序号	工程内容	单位	工程量
1	柴油发电机(20 kW)	台	2
2	撬装配电柜(含进线柜 1 面, 出线柜 1 面, 软启动柜 2 面)	台	1
3	电缆及其敷设 YJV22-0.6/1kV, 4 × 25	km	0.15
4	接地角钢 L50 × 5 × 2500	根	10
5	接地扁钢 40 × 4	km	0.1

5.3. 仪表自控与通信

仪表自控与通信部分应包含以下几点:

- 1) 拉油站一级分离器、二级分离器、火炬分液罐等设置压力、温度、液位远传仪表和就地显示仪表。
- 2) 一级分离器、二级分离器液相出口设置电动调节阀, 与液位联锁, 用于分离器液位的自动控制; 气相出口设置电动调节阀, 与二级分离器压力联锁, 用于压力控制。
- 3) 装车鹤管前设置质量流量计用于计量。
- 4) 关键点设置硫化氢、可燃气体检测。
- 5) 站内设置 PLC 系统, 配套建设监控主机, 所有新增仪表的远传信号接入站内 PLC 系统, 并通过 PLC 系统进行自动控制。
- 6) 拉油流程站内一级分离器、二级分离器、装车区设置视频监控。
- 7) 控制室内设置视频硬盘录像机和监控屏。

6. 结论

通过对单井原油拉油站流程的分析,提出了优化的拉油站工艺流程,大大节约了投资:对于新建拉油站可节约投资 450 万元;降低了油气损失,提高了原油的质量,增加了经济效益:每年该站可增加经济效益约 510 万元。此外,对优化改造后的拉油工艺,针对其特点进行了包括罐车材质、供配电设备、仪表自控与通信在内的配套设计,为油田新建单井原油拉油设计提供了完整的新方案,对偏远单井初期开发具有较好的应用价值。

参考文献

- [1] 刘全宏,韩戎. 简化拉油站工艺在华北油田的应用[J]. 华北石油设计, 1999(3): 1-3.
- [2] 方群. 浅谈提高拉油点单井产量的方法[J]. 河北企业, 2015(6): 159.
- [3] 王俊玲,刘惠敏,刘骥飞. 西 48 供热拉油注水站改造[J]. 科学之友, 2011(20): 24-26.
- [4] 何承霖. 新型稠油井井口含硫化氢产出液密闭取样装置模拟研究[D]: [硕士学位论文]. 大庆: 东北石油大学, 2016.
- [5] 张峰,张宇健. 国内外处理硫化氢的研究现状探讨[J]. 设备管理与维修, 2019(14): 37-38.
- [6] 徐龙君,吴江,李洪强. 重庆开县井喷事故的环境影响分析[J]. 中国安全科学学报, 2005(5): 84-87+2.
- [7] 夏玮,李拥军,黄继红,张金荣,杜雪峰. 新疆油田高含硫化氢区块污染防治措施研究[J]. 油气田环境保护, 2011, 21(3): 41-43+68-69.
- [8] 李远朋,韩丽艳,吴燕,张锦伟. X 原油处理站原油稳定工艺优化[J]. 天然气与石油, 2016, 34(1): 53-57+11.
- [9] 吴昊,王燕芬,葛劲风. 原油加热闪蒸稳定的技术改进[J]. 新疆石油学院学报, 2002(4): 75-77.
- [10] 万力利. 原油稳定设计工艺研究[J]. 中国新技术新产品, 2011(16): 154.
- [11] 王梓丞. 原油稳定工艺技术综述[J]. 新疆石油科技, 2017, 27(3): 44-47.
- [12] 屈志伟,高乾,胡强,李正豪. 原油稳定工艺操作参数的优化研究[J]. 化工管理, 2020(18): 222-223.
- [13] 刘金菊. 原油稳定设计工艺研究[J]. 化工管理, 2016(33): 151.
- [14] 刘爱国. 原油处理站原油稳定工艺优化设计研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国石油大学(北京), 2018.