

油田油气集输储运工艺设计技术分析

程云雷 马伟霞 (山东莱克工程设计有限公司, 山东 东营 257000)

摘要: 石油开采生产的标准化是现阶段石油行业发展的主要趋势和要求。为提升油田油气开采的质量和效率, 本文以油田油气工程为主要研究对象, 结合实际的油田油气工程案例, 在简单介绍工程案例实际情况的基础上, 对该工程中应用的集输储运工艺设计情况进行分析, 希望能够为提升油田开采生产的标准化水平, 加强油田开发管理提供借鉴的经验和思路。

关键词: 油田油气; 集输储运工艺; 储运工艺

0 前言

油气集输及储运是油田开采的重要环节和步骤, 以往常用于油田油气开采作业中的集输储运工艺在实际应用中, 往往需要耗费大量的人力、物力资源。在现阶段科学技术水平不断提升的背景下, 为保障油气集输及储运的质量效果, 需要对油田油气开采作业中应用的集输储运工艺进行优化设计, 以提升石油企业生产经营的经济效益和社会效益为主要目标, 对促进石油企业的生产发展具有积极的意义。

1 油田油气工程概况

某油田油气工程现场范围内地势平坦, 平均海拔在 240m 左右, 地表范围内有河流经过, 农作物生长较为繁茂, 具有较为优越的经济地理条件。在气候环境变化方面, 该区域能够呈现出积雪性的气候变化特点, 且在气温方面的变化较大, 夏季最高温可达 38℃ 及以上, 冬季最低气温在 -40℃ 左右。在对油田油气工程现场的地质环境进行勘查之后发现, 工程现场的最大冻土深度达到 1.8m。现阶段, 该工程拥有 1 座集中拉油站, 油气处理设计规模为 $20 \times 10^4 \text{t/a}$, 以大罐沉降流程为主, 主要通过汽车外运的方式, 将开采的石油运输至联合站。在站外以掺输流程建设 66 口油井, 以玻璃钢管作为集油管材, 以翻斗分离器来对环产液量进行计量, 年产油能够达到 $13 \times 10^4 \text{t}$ 。

基于便利石油运输, 简化石油开采生产工艺的目的, 该工程通过优化集输储运工艺的方式, 不仅对现有的石油运输管道线路进行优化调整, 也能够充分借助工程所在现场的地理环境条件, 保障集输储运工艺的顺利进行, 从而获得最佳的经济效益^[1]。

2 基于实例的油田油气集输储运工艺设计技术应用分析

集输储运工艺是油田开采作业的重要环节, 集输储运的质量效果直接关系到油田油气的开采质量和效

果^[2]。为实现对油田油气集输储运工艺设计技术的应用分析, 在明确选择某一具体的油田工程建设发展现状进行分析的基础上, 考虑该工程中对集输储运工艺进行优化设计的思路和应用的技术方法, 从以下几个方面来进行研究, 希望能够为现阶段我国的油气油田工程建设发展提供参考:

2.1 技术设计总体思路与要求

结合案例工程现场勘查情况以及实际开采作业情况的了解和分析, 在对该工程中的集输储运进行优化设计时, 主要考虑以下几个方面的要求:

①对油田油气集输储运工艺的设计优化, 遵循总体布局的原则, 充分结合案例工程现场的地理环境条件, 从宏观角度对集输储运工艺的优化开发进行统筹规划, 严格遵循国家相关的建设方针和程序要求。对工程现场各项设施设备的布置, 以节约用地、环境保护为基本要求, 并注重保证工程建设的安全;

②考虑案例油田工程新建产能从东北至西南呈条带状, 对现场进行勘察后, 明确其长约 13km, 在充分考虑油田几何形状以及油井分布规律的基础上, 以优化外输方向和简化布局站场作为布站的基本思路。在实际的工程建设中采用一级半的布站方式, 对超出集输半径的边远油田, 以油气混输增压的方式来达到开采作业的目的^[3]。同时在油田工程范围内新建 1 座联合站, 主要依赖油气混输技术来达到扩大集输半径的目的;

③考虑油田工程现有的开采规模和产油量, 在结合油田工程未来开发趋势的基础上, 规划设计案例油田工程的最大产油规模在 $24.51 \times 10^4 \text{t/a}$ 左右。基于这一目标, 设计新建联合站的油气集输及处理的纯油量规模为 $20 \times 10^4 \text{t/a}$, 确保能够预留将工程扩建至 $40 \times 10^4 \text{t/a}$ 的空间余地。而在联合站外输管线的设计规模方面, 结合案例工程 2011-2020 年的原油外输规

模和预测产量为 $19.63 \times 10^4 \text{t/a}$ – $39.71 \times 10^4 \text{t/a}$ ，设计外输管线的规模范围为 $20 \times 10^4 \text{t/a}$ – $40 \times 10^4 \text{t/a}$ 。

2.2 站外油气集输工程设计

2.2.1 站外油气集输工程设计思路

在明确案例工程技术设计总体思路与要求的基础上，首先需要进行站外油气集输工程的设计。在充分考虑案例，油田工程油井分布的特点以及原油的物质属性基础上，考虑以结合平台井布井的方式，应用现阶段已经较为成熟的单管掺水、多井串接集输模式，让平均的单井掺水量能够达到 $0.6\text{--}0.8 \text{m}^3/\text{h}$ ，在提升原油物性质量的同时，也能够有效节省用于工程建设和优化开发的成本。

对应用这种单井集油模式获得的油井采出液进行计量分析，应主要发挥计量分离器的作用，分别对油井采出液中的油、气、水进行计量。基于计量分析的结果，可以对油井储油层的变化动态进行分析，了解储油层的生产状况，从而为后续油井作业开采提供优化调整的依据^[4]。结合现阶段常用于单井计量的基本方式，依据翻斗量油和功图量油方法的应用原理与特点，同时考虑案例油田工程的实际作业开采情况，选择通过推广应用单井功图量油技术的方式，以自动化的机械设备来提升实际量油结果的精确性。

基于这一技术方法，可以在实际的油田开采作业中取消计量间，以建设阀组间的方式来达到调节掺水量和维护油井的目的。具体而言，对阀组间的布置设计，在结合案例工程产能建设基本情况的基础上，共建设 6 座以砖混结构为主的阀组间，且每个阀组间辖 15–35 口油井，5–8 口水井。

2.2.2 工艺计算流程

对站外油气集输工程的设计，应结合油田工程集输系统的运行需求与实际情况，从系统运行中产生的热力、水力、强度等参数方面进行计算分析。以热力计算为例，在不考虑掺输管线和集油管线运行中产生的摩擦热基础上，主要可以基于以下公式来对管线沿轴向温降进行计算：

$$\ln \frac{t_1 - t_0}{t_2 - t_0} = \frac{K\pi DL}{G \cdot C}$$

在该式中， t_1 、 t_2 代表管线起点和终点的温度； t_0 代表管外环境温度；D 代表管线外径，单位为 m；L 代表管线长度，单位为 m；G 代表原油质量流量，单位为 kg/s；C 代表原油比热，单位为 $\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ；K 代表管线至周围介质的总传热系数，单位为 $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ 。

在对案例工程相关的工艺参数进行计算之后，明确工程集输半径为 5.0km，掺输热水量为 $0.6\text{--}0.8 \text{m}^3/\text{h}$ ，掺输热水压力为 2.5MPa，掺输热水出站温度在 $60\text{--}65^\circ\text{C}$ 之间，回油进站压力为 0.3MPa，回油进站温度在 $40\text{--}42^\circ\text{C}$ 之间。

2.2.3 工艺设计要求

在明确工程建设思路及相关参数的基础上，应结合站场的实际建设要求和情况，基于标准化的设计思路来规划合理的工艺流程和步骤。具体而言，在油井井场安装、管线选材与埋设施工、站场建设风格、现场各类标识的设计中，都应能够以统一化的标准要求对实际的施工过程进行规范，以便能够确保工程的建设质量，同时也便于后续对工程相关设施设备进行维护管理。

2.3 站内油气集输及处理工程设计

2.3.1 优化油田工程工艺流程

对站内油气集输及处理工程的设计，主要强调结合油田工程应用的油气分离、原油脱水净化等工艺流程，考虑结合联合站现场的实际情况，选择更适合的油气集输和脱水工艺流程组合方式。案例工程在新建联合站的过程中，重点考虑油田油品的基本性质，选择应用三相分离器+二段电脱电化学脱水的工艺方法，在保证整个工艺流程密闭性的同时，也能够体现出较强的适应能力。

具体而言，该处理流程首先需要选择三相分离器作为油气分离和初步脱水的主要设备，在让站外来液进入三相分离器后，通过脱水泵生涯和脱水路升温，再依据电脱水器来达到脱除乳化水的目的。在对得到的原油进行稳定处理后，需要及时净化油罐，再通过外输泵加瓦和外输炉升温的方式，对分离出来的油、气和水进行计量分析。

在这一处理过程中，三相分离器的应用，能够集油气分离、沉降、缓冲、脱水等工艺程序于一体，将脱水指标控制在 20% 以下，以保障整个装置运行密闭性为前提，满足站内密闭集输工艺的应用要求。而经过三相分离器得到的气相，可以在借助空冷净化器进行除油和干燥处理后回收利用，脱离出的水会分为供给站外掺输和进入污水处理系统两种情况，脱离出的低含水原油则可以依据去电脱水器来进一步达到深度脱水的目的。

2.3.2 处理设备的选型与应用

基于三相分离器在油气集输与处理工程中应用的

重要性,应能够选择合适的三相分离器类型,确保该设备在油气集输和处理中发挥作用。例如,可以在工程中选择应用重力式三相分离器,在站外来液基于碰撞原理实现油气初步分离后,可以依靠重力的作用,让分离产生的伴生气在气相空间中沉降为液滴,再利用捕雾网来去除液滴中的大颗粒。而分离出来的液相,也可以基于重力的作用影响,依据油水的密度差原理,在液相进入沉降分离腔后停留一段时间,就可以实现油水分层。这一过程中分离出来的油主要通过堰板进入油室,水则在油水界面调节器的作用下进入水室。应用这一类型的三相分离器,可以满足油品性质较好,乳化程度不高情况下的站外采出液处理要求。

除此之外,在油田工程的开采作业中,还可以应用水力旋流器来达到油气分离和处理的目的。水力旋流器以旋流分离技术为基本原理,基于油田工程的开采作业情况,当前较为常见的水力旋流器主要包括大锥角旋流器、长柱型旋流器、全柱型旋流器三种类型。考虑水力旋流器最早以实现固液两相分离为主,基于油田开采的具体要求,更多考虑应用全柱型旋流器,以全柱型的结构来达到抑制粗粒级物料混入溢流的情况,在保证溢流品质的同时,也能够有效满足三相分离的基本要求。

2.4 联合站原油外输工程设计

对联合站原油外输工程的设计,应建立在明确案例油田工程开发现场情况的基础上,基于设计的外输管线规模,选择合适的外输管材类型,进而基于外输管线与中间站的组合来设计具体的建设和工艺优化方案。

在严格遵循输油管道工程建设现状的基础上,对管道输油中涉及到的水力大小、热力大小以及强度进行计算,将相应的计算结果作为选择输油管道外径的依据,初步确定应用 $\Phi 114.3 \times 4.4$ 或 $\Phi 168.3 \times 5.6$ 大小的无缝钢管,管道管径为 DN100 和 DN150。在此基础上,考虑提出不设中间站、设置相同中间加压和加热站、基于管线不同设置中间加热站和加压站三种方案。基于不同方案应用情况下产生的运行费用成本、操作管理与用电协调难度等方面的影响和限制,最终确定选择设置相同中间加压和加热站的方式进行规划建设。

在此基础上,对于工程外输管线线路的设计规划,重点从线路走向以及敷设方式的角度进行分析。在线路方向设计部分,考虑案例油田工程外输管线总长为

40km,由于工程现场范围内多以村落为主,因而主要依据村落的水泥路方向进行敷设。对其中局部位置应结合地形地段的情况进行调整。对输油管线敷设方式的选择,以基本的埋地敷设为主,敷设深度为 1.5m,对存在改变平面的情况,主要依据弹性弯曲的原理,结合弯管情况和曲率半径大小来选择合适的管道类型。对于管沟断面形式的规划设计,则应以工程范围内的地质条件作为参考依据,案例工程主要应用梯形,依据现场土质、钢管结构以及外径大小等参数,确定管沟底宽在 0.5~0.7m 之间,管沟边坡确定在 1:1~1:1.5 之间。

考虑输油中间站在油田油气集输储运中的重要性,案例工程主要依据热力计算和水力计算的结果,确定需要在工程现场设置 2 座中间加热站,且无需增压,由这 2 座中间站来负责正返的输原油加热和计量工作。对输油中间站的设计,主要依据对工程现场的勘察情况,选择交通道路附近且无建构筑物位置,在此基础上,确定每座中间站的占地面积达到 4000m^2 。在输油中间站的内部工艺流程方面,以密闭流程为主,能够发挥正返输原油加热和计量的功能,具体包括外输、采暖加热炉、采暖系统以及燃料油系统四个方面。

3 结论

综上所述,对油田开采工程中的集输储运工艺进行优化设计,应基于标准化的目标和要求,积极尝试探索将各类新技术与集输储运系统的优化设计结合起来,结合站内站外油气集输现场的实际情况,以积极构建新型地面模式,简化优化技术工艺和设备来达到加强油田地面建设,提升石油开采作业效率和质量的目的。

参考文献:

- [1] 吴晶. 浅析油田油气集输储运工艺设计 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(06): 161-163.
- [2] 李强. 浅析油田油气集输储运工艺设计 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(15): 145-147.
- [3] 李强. 油田油气集输储运工艺设计技术研究 [J]. 石化技术, 2022, 29(02): 26-27.
- [4] 姜洪涛. 油气集输工艺流程的优化 [J]. 化学工程与装备, 2022(01): 84-85.

作者简介:

程云雷 (1989-), 男, 汉族, 河北石家庄人, 工程师, 本科, 主要从事: 石油天然气工程设计。