

稠油螺杆泵串接输送工艺流程研究

刘鲁杰 周占龙 (山东莱克工程设计有限公司, 山东 东营 257100)

摘要: 本文对某稠油输送管道中间站输送流程进行优化, 由“来油-缓冲罐-螺杆泵-外输”的开放式输送流程, 优化、简化为“来油-螺杆泵-外输”的输送流程, 与首站外输螺杆泵组成泵对泵串接输送, 实现流程密闭, 减少缓冲罐油气挥发损耗及原油进罐储存的热力损耗, 整个管道成一个统一的水力系统, 充分利用上站余压, 减少管路系统压力损失。目前, 离心泵泵对泵串接输送工艺应用较为广泛, 但螺杆泵(容积泵)泵对泵串接输送工艺应用较少, 本文对稠油管道中间站螺杆泵泵对泵串接输送的流程设计、流程实现、安全控制措施等进行了详细介绍和研究。

关键词: 稠油; 螺杆泵; 泵对泵串接输送; 管道中间站

Abstract: This article optimizes the transportation process of a heavy oil pipeline at the intermediate station. The open transportation process of “incoming oil - buffer tank - screw pump - export” is optimized and simplified to “incoming oil - screw pump - export” transportation process. It is connected to the first station’s export screw pump to form a pump to pump series transmission, achieving a closed process, reducing the evaporation loss of oil and gas in the buffer tank and the thermal loss of crude oil storage in the tank. The entire pipeline forms a unified hydraulic system, fully utilizing the residual pressure at the upper station and reducing the pressure loss of the pipeline system. At present, centrifugal pumps are widely used in pump series transportation technology, but screw pumps (positive displacement pumps) are less commonly used in pump series transportation technology. This article provides a detailed introduction and research on the process design, implementation, and safety control measures of screw pump series transportation in the intermediate station of heavy oil pipelines.

Keywords: heavy oil; Screw pump; Pump to pump serial delivery; Pipeline intermediate station

1 概述

某稠油输送管道全长 37.5km, 规格 DN200, 材质 20, 沿途共设置 3 座站场: 首站、中间站、末站, 起首站至中间站管道长度 25.3km, 中间站至末站管道长度 12.2km, 原油粘度为 766.7 mPa·s (50℃), 首站、中间站输油泵均采用传统的螺杆泵, 管道输送流程示意图见图 1 所示:

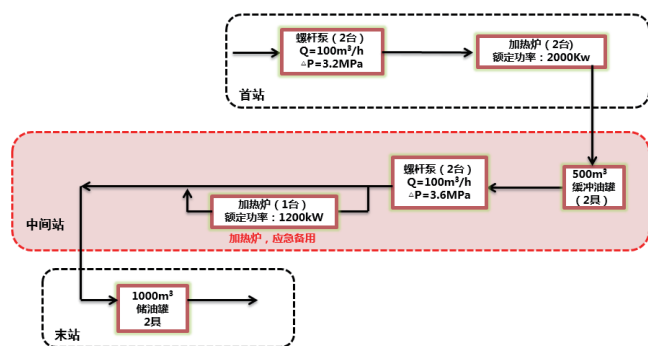


图 1 管道输送流程示意图

首站采用 2 台螺杆泵 $Q=100\text{m}^3/\text{h}$ $\Delta P=3.2\text{MPa}$ 对原油进行增压外输, 外输压力 2.6MPa, 外输温度

103℃; 中间站接收首站来油, 进站后进入储罐进行缓存, 通过 2 台螺杆泵 $Q=100\text{m}^3/\text{h}$ $\Delta P=3.6\text{MPa}$ 对原油增压后外输, 站内设 1200kW 加热炉, 对原油进行间歇加热; 末站接收中间站来油, 进站储存、外销。

管道中间站工艺流程如图 2 所示:

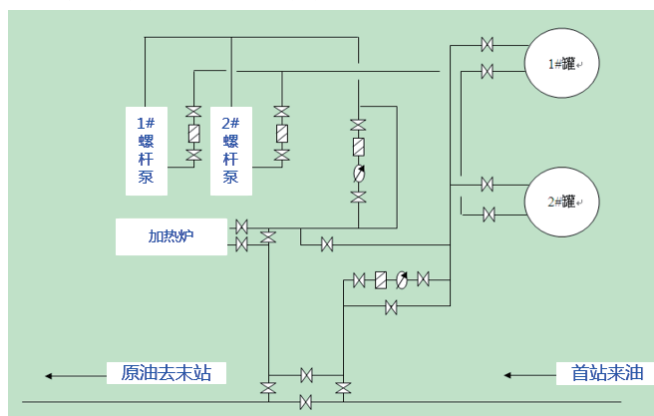


图 2 管道中间站工艺流程图

流程描述: 首站来油经进站流量计计量后进入 2 座 500m³ 油罐缓存, 通过 2 台螺杆泵增压后进入外输流量计计量, 经加热炉加热后外输至末站。

中间站间歇加热, 站内设 1200kW 燃柴油加热炉 1 台, 每隔 6h 加热 1 次, 每次加热 2h 升温 10℃, 采用 2 台螺杆泵 $Q=100\text{m}^3/\text{h}$ $\Delta P=3.6\text{MPa}$ 外输, 外输压力 2.5MPa~3.4MPa, 外输温度加热时 69℃, 不加热时 57℃。

2 流程优化的必要性

管道中间站为开式输送流程, 由于原油输送温度高, 储罐油气挥发损耗较大; 并且原油进罐缓存后再增压输送, 原油温度损耗约 2℃~3℃, 泵输送系统压力增加约 0.15MPa。中间站不设缓冲罐, 首站来油直接进泵, 中间站的增压泵与首站外输泵组成螺杆泵泵对泵串接输送, 实现流程密闭, 可基本消除原油储罐油气挥发损耗, 避免了后期 VOCs 治理而产生的困难及高额费用; 泵到泵串接输送, 流程简化, 管理水平提高; 输送效率提高, 整个管道成一个统一的水力系统, 充分利用上站余压, 减少管路系统压力损失, 减少原油进罐温度损耗。

3 螺杆泵泵对泵串接输送流程设计

本次对中间站进行工艺流程优化, 不设缓冲罐, 原缓冲罐作为事故油罐, 首站来油全部直接进泵, 站

内增压泵与首站外输泵组成螺杆泵泵对泵串接输送, 改造后流程见图 3 所示。

流程优化设计说明:

①进站管线新增水击泄放阀和安全阀, 泄放原油进事故罐; ②对事故罐与泵连接流程进行改造, 实现进罐及进泵流程的切换; ③新建泵的旁通流程并设置单向阀; ④每台泵进、出口设压力检测远传, 泵变频与进口压力联锁控制, 出口超压停泵; ⑤每台泵进、出口上设电动阀, 事故罐进口设电动阀, 均可实现远程操作。

4 螺杆泵泵对泵串接流程的实现及安全措施

目前, 离心泵泵对泵串接输送工艺应用较为广泛, 但螺杆泵(容积泵)泵对泵串接输送工艺应用较少, 究其原因, 是离心泵与螺杆泵特性不同, 离心泵流量随压力升高而降低, 其最大扬程不会超过管线设计压力, 即不会超压运行; 而螺杆泵 $Q-H$ 曲线与管路曲线无关, 出口压力与背压有关, 当出口故障关断, 其会超压运行而发生事故。螺杆泵泵对泵串接输送, 要保障安全其控制比较复杂, 因此采取了以下安全措施,

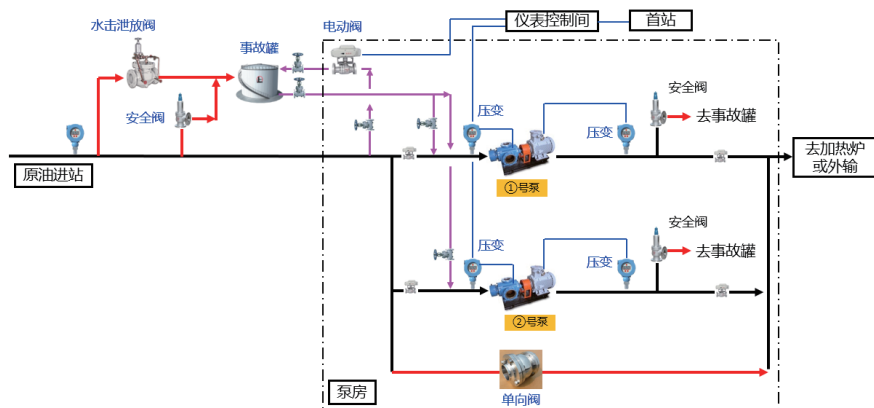


图 3 改造后工艺流程图

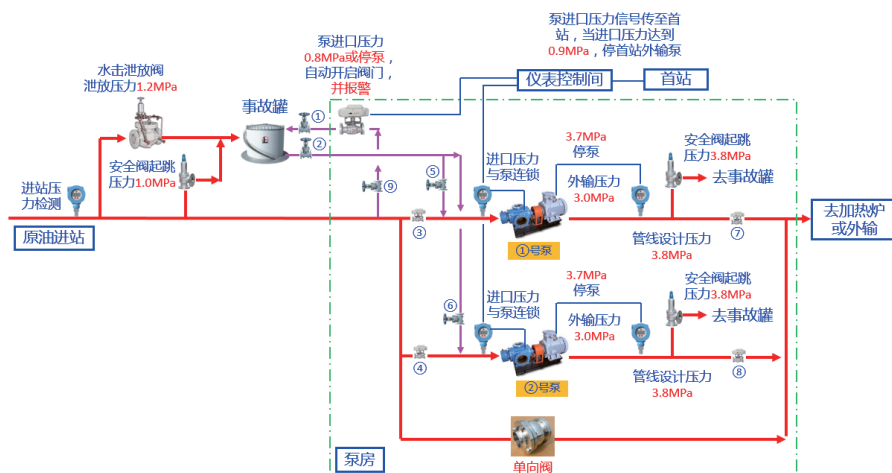


图 4 控制流程示意图

控制流程示意图 4 所示。

4.1 密闭输送时, 相比离心泵泵对泵输送工艺, 采取的安全控制措施

①外输泵进口设压力检测远传, 与外输泵变频连锁, 低压停泵; ②外输泵出口设压力检测远传, 当压力达到 3.7MPa, 连锁停外输泵, 报警并连锁开启去事故罐电动阀; ③当泵进口压力达到 0.8MPa 时或停泵时, 自动开启去事故罐电动阀, 原油去事故罐, 并报警; ④泵进口压力信号传至首站, 当进口压力达到 0.9MPa 时, 首站将外输泵关停; ⑤进站设安全阀, 当进站压力达到 1.0MPa 时, 安全阀起跳, 进站原油去事故油罐; ⑥进站设水击泄放阀, 当进站压力达到 1.2MPa 时, 阀开启进站原油去事故油罐; ⑦泵旁通设单向阀, 可保证所有事故同事发生, 原油越过泵进入下游管道, 避免对泵造成损害。通过以上安全措施, 可保证螺杆泵泵对泵串接输送的安全性。

4.2 投产时先采用开式流程

打开进、出罐的①号、②号、⑨号阀门及①号阀门前的电动阀, 关闭进泵的③号、④号阀门, 若采用①号泵运行, 打开①号泵的进、出口的⑤号、⑦号阀门, 关闭②号泵的进、出口的⑥号、⑧号阀门。进站原油通过①号、⑨号阀门进罐, 由②号阀门储罐, 通过⑤号阀门进①号泵, 由⑦号阀门出①号泵, 之后去加热炉或外输。

4.3 开式流程转密闭流程

打开①号泵的进口③号阀门, 关闭②号、⑤号阀门, 然后缓慢的关闭①号阀门之前的电动阀, 使泵进口压力达到 0.2MPa, 采用泵进口压变调节泵的变频运行, 实现密闭运行, 再关闭①号阀门之前的电动阀, 使之达到超压自动开启状态。

4.4 事故罐原油外输

打开事故罐出口的②号阀门及备用②号泵的进口⑥号阀门, 开启备用②号泵, 调至最小排量输送, 将事故罐原油通过②号泵与密闭集输的①号泵一起外输。

5 结论

本文主要从工艺流程设计、串接流程的实现、安全控制措施等几个方面研究探讨了螺杆泵泵对泵串接输送工艺, 主要结论如下:

5.1 泵对泵串接密闭输送的优点及可靠性

①泵到泵串接输送, 省去进罐流程, 流程简化, 管理水平提高; 整个管道成一个统一的水力系统, 充分利用上站余压, 输送效率提高, 减少了管路系统压力损失约 0.15MPa, 减少原油进罐温度损耗约 2℃;

实现了流程密闭, 可基本消除原油储罐油气挥发损耗, 避免了后期 VOCs 治理而产生的困难及高额费用;

②虽然螺杆泵泵对泵串接输送工艺相比离心泵泵对泵串接输送工艺控制比较复杂, 但通过采取一系列的安全措施, 通过不同压力对应的不同控制措施及流程上的多重物理泄放, 可保证系统安全、平稳的输送。

5.2 经济合理性

相比进罐开式输送流程, 螺杆泵泵对泵串接输送仅增加了: 1 台去罐的电动阀、1 台水击泄放阀、2 台泵进、出口电动阀、自控系统逻辑控制及阀门管线安装, 合计约 32 万元。若不采用泵对泵串接密闭输送, 未来存在 VOCs 隐患治理的需求, 若进行 VOCs 治理, 最低费用将高达 450 万元。

5.3 应用及展望

离心泵泵对泵串接输送工艺应用较为广泛, 但稠油输送常采用螺杆泵, 通过本次螺杆泵泵对泵串接输送工艺的研究, 为管道稠油输送系统的优化简化、节能降耗等方面提供了较大意义的参考意见。对于已建中间站场, 泵对泵串接输送实现流程密闭, 可基本消除原油储罐油气挥发损耗, 解决了站场 VOCs 治理而产生的困难及高额费用。对于新建中间站场, 可无需设缓冲罐, 仅设 1 座事故罐, 减少了储罐的数量, 减少站场用地面积, 节省投资。

参考文献:

- [1] 李振强. 油田油气集输设计规范 [S]. 中国计划出版社, 2016.
- [2] 刘海峰. 输油管道工程设计规范 [S]. 石油工业出版社, 2014.
- [3] 刁成飞. 油田油气集输设计集输手册 [S]. 石油工业出版社, 2009.
- [4] 穆金峰, 吕有喜, 魏三林, 等. 超深稠油螺杆泵举升工艺技术研究与应用 [J]. 石油矿场机械, 2010(2):4-6.
- [5] 孙志强, 丁芸芸, 牛志伟, 郑子顺, 刘晨东. SZHG 型三螺杆泵在输送高粘度稠油管道上的应用 [J]. 科技风, 2008(14):4-6.
- [6] 周勇强, 薛瑾, 张纲, 张玉杰, 王志东, 刘天顺, 等. 投捞电缆式潜油螺杆泵技术研究及现场试验 [J]. 钻采工艺, 2018, 41(6):4-6.
- [7] 谢建勇, 陈新志, 石彦, 等. 准东深层稠油油藏螺杆泵举升工艺配套研究 [C]// 第十六届五省(市、区)稠油开采技术研讨会. 中国石油学会, 2012.
- [8] 周立军, 谢大治, 向锐锐. 一种电潜稠油螺杆泵串式行星减速器 [J]. 科技信息技术, 2023, 04(12):98-99.