

# 海上稠油油田无人井口平台工艺设计研究

张辉 刘杨 赵绪高 王志祥 钟肖 (海洋石油工程股份有限公司, 天津 300451)

**摘要:** 改善原油流动性是无人平台在稠油油田应用中面临的首要难题, 结合实例对降粘工艺方案重点阐述, 以常规设计为出发点, 对各系统方案分析, 简化流程配置, 为无人平台工艺方案设计提供参考。

**关键词:** 稠油; 无人井口平台; 工艺设计; 高粘; 降粘工艺

无人驻守井口平台通常采用简单可靠的工艺流程, 生产井数和上部设施较少, 平台结构简单<sup>[1]</sup>, 投资和操作费用少, 建设和海上安装成本低, 已被广泛用于海洋边际和常规油气田开发<sup>[2]</sup>。近年来, 海上稠油油田开发脚步逐渐加快, 生产操作方式和观念随之转变, 面对设备和人力成本不断上升的压力<sup>[3]</sup>, 无人平台在稠油的开发应用中逐渐兴起。本文结合渤海某稠油油田无人平台工艺设计, 对降粘流程方案设计进行总结和探讨, 并对流程方案的简易化和自动化设计进行分析, 为今后设计提供参考。

## 1 工程实例分析

渤海某油田新建一座无人驻守井口平台(简称B平台), 采用注水开发模式, 全部井口物流通过电潜泵增压经混输海管输往依托平台处理, 并通过注水海管接收来自依托平台处理合格的注水, 通过海底电缆供电。

### 1.1 原油生产系统

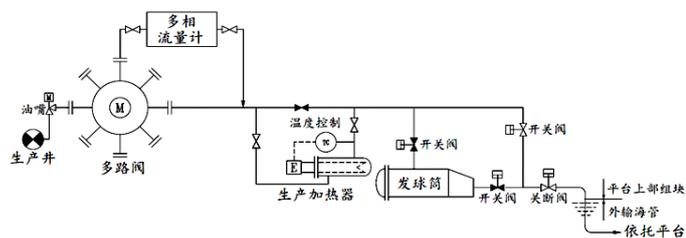


图1 无人平台生产系统典型图

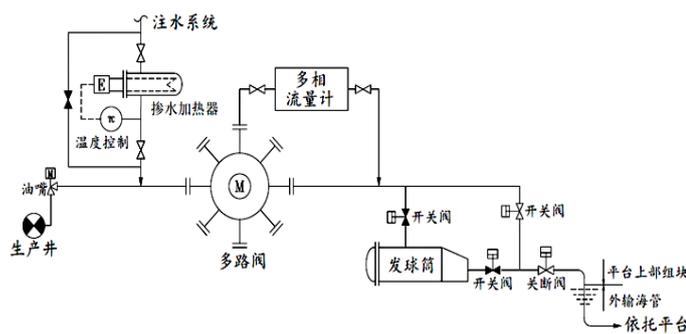


图2 B平台生产系统工艺流程图

B平台推荐开发方案设置6口生产井, 所产原油属于低凝高粘原油, 由于投产初期井口温度和含水率低, 最高粘度超过34811cP。根据流动保障分析, 前两年海管输量小, 外输温度低, 沿程温降大, 需要提高含水率输送, 第一年需掺水700m<sup>3</sup>/d, 第一年需掺水500m<sup>3</sup>/d。稠油开采首先需要改善原油流动性, 海上常用降粘工艺有加热、掺水、注药剂。根据基础数据, 投产前4年需降粘, 且第一年全部井需降粘, 综合考虑流动保障要求, 掺水工艺更契合整体开发思路, 因此以掺水降粘为优先方案做可行性分析,

掺水水源为注水。B平台原油生产系统采用全压设计, 仅具备计量和外输功能, 工艺方案可借鉴无人平台全压设计典型流程。典型图见图1, 采用多路阀和多相流量计实现单井遥控计量, 设置生产加热器提高投产初期外输温度, 外输管线设置遥控阀门实现远程海管置换。

本例中注水经海管输送到B平台, 温度较低, 若典型图中加热器用于掺水水源加热, 升温后掺入单井物流, 能避免物流温度骤降, 可同时满足海管输送和原油降粘的要求, 按此思路设计, B平台工艺流程见图2。

降粘指标要求原油粘度低于10000cP, 根据配产数据, 单井含水率低于40%需掺水。经计算, 为优化加热器功率, 掺水温度选取35℃, 掺水后, 各年单井物流温度高于30℃(第四年40℃), 平均含水率分别是63%、65%、60%、40%, 掺水总量分别是700m<sup>3</sup>/d、500m<sup>3</sup>/d、220m<sup>3</sup>/d、25m<sup>3</sup>/d, 加热器峰值功率801kW。

掺水降粘方案综合考虑外输掺水要求, 仅增加两年掺水, 掺水量低且未影响加热器设计功率。与之相比, 加热降粘方案需配置多个单井加热器, 药剂降粘方案需增设药剂罐和注入泵, 两方案占用空间更大, 不利于平台重量控制和设备操作维护, 投资更高, 由于降粘周期短致使经济性变差, 流程设计更复杂致使可靠性降低。另外, 该平台原油凝点低于泥温, 但其流动性与温度密切相关。当平台关停后, 流动性随温度降低而骤降, 油田复产时一般需要经过长时间冷启动或者采取降粘措施, 而掺水工艺流程能实现B平台原油管线和混输海管的整体置换, 便于油田及时复产。

### 1.2 开排系统

开排系统分危险区和非危险区设置独立管汇, 危险区分围堰(含橇排)和地漏排放, 非危险区分含油和不含油排放, 上中层甲板各管汇进开排罐, 下层甲板各管汇进开排槽。开排系统设计能力考虑最大降雨工况, 通常为减小设备尺寸, 危险区地漏、非危险区含油和不含油三种排放允许设置切换阀门, 降雨一定时间后满足排海指标直接排海。而无人平台设置电动阀满足远程切换需求, 由于电动阀价格高, 合理的管汇设计方案是设备选型和经济性两者达成平衡的关键。

根据B平台最大降雨工况计算, 平台危险区围堰雨量4.2m<sup>3</sup>/h, 危险区地漏雨量13.7m<sup>3</sup>/h。对于危险区, 若全部雨水排入设备, 各设备处理能力如下, 开排槽泵10m<sup>3</sup>/h, 开排泵、闭排泵及前置滤器20m<sup>3</sup>/h, 当泵运行时, 海管最高外输压力提高200kPa, 对电潜泵选型和生产平稳运行有一定影响。若分围堰和地漏排放, 各设备(下转第29页)

科学化调整,提升管道的设计价值,将管道功能与管道特性相融合。通过对管道材料有效调整,能够进一步强化管道的设计价值和材料特性,提升整个管道设计的性价比,为工程的建设成本进行细节化的控制。其次,在管道材料的选择方面,务必要集合时代的发展趋势,以前沿化、精准化、高端化的发展理念,为化工的发展提前布局。管道材料的选择,要冲分体系对应的设计优势,结合现代化化工企业的发展理念,最大成为保留工程升级的空间和可能性,为后续产品升级、质量升级创造条件。不少化工企业在设计初始,为了降低建设成本,一味采用落后的设计理念与设计方案,导致工程投产后,对应的产品附加值较低,无法带来实际的影响,更加无法保障企业的发展,从而被市场和时代所淘汰。作为管道材料的优化人员,务必要充分考虑企业的未来发展,在材料选择路径中,着重强调未来的发展性,提升化工工程未来的可能性,从而在激烈的市场竞争格局中,占有一席之地<sup>[2]</sup>。

### 3.2 管道材料注意事项

同一工程的管道材料选择,要保持管道材料品牌的一致性。例如,某大型国有化工企业,在开展管道设计时,设计人员参考多家管道材料供应商,虽然能够降低材料的采购成本,但是对工程的实际施工产生巨大的影响。管道材料选择,务必要充分考虑材料的基本性能,同时结合工程的实际需求以及具体管理标准进行,当化工工程施工工作

业过程中,多品牌的管道材料必然引发一系列的影响和问题,导致工程施工质量无法满足相应的要求,保持管道材料的统一性和一致性,是确保工程设计质量的基础和根本。现代化工企业,尤其是民营企业,对于管道材料的选择,大多是以经济性为主要考虑标准,而忽视了管道材料的基本特性,影响了管道工程的顺利施工,导致后续工程投产后必然面临一系列的维护问题,引发企业管理压力的增加。

### 4 结论

综上所述,化工工程设备布道与管道材料的优化设计,需要结合当前工程的设计理念以及设计方案着手,同时根据现有的科学技术发展趋势,进行合理化升级和革新,既要确保工程设计内容能够达到既定的要求和标准,同时也要在未来发展进程中,为化工工程保留基本的升级空间,保障工程未来的核心竞争力,最终实现化工企业的灵活化发展目标,保障企业当前的设计优势和发展优势,助力化工工程投产工作的稳定和高效。

### 参考文献:

- [1] 兰江安. 化工工程设备布道与管道材料的优化设计举措[J]. 科技资讯, 2019, 17(20): 61-62.
- [2] 李晓星. 化工工程的设备布道与管道材料优化设计[J]. 化工管理, 2019(05): 40-41.

(上接第 27 页) 处理能力可优化为 5m<sup>3</sup>/h, 以恶劣工况东南向降雨为例, 上中层甲板围堰 1 小时雨量需开排泵运行 12min, 下层甲板围堰 1 小时雨量需开排槽泵运行 40min, 通过调整开排罐和开排槽液位增加缓冲时间, 在两泵排量相同的前提下可以避免溢流现象。综合考虑, 危险区宜分围堰和地漏两类管汇, 既简化设备配置利于平台布置和重控, 又实现节能增效。对于非危险区, 仅变压器和吊机在维修清洗时的含油排放应排入开排设备, 其他情况甲板无油污可直接排海, 设置手动阀门现场切换即满足需求。

### 1.3 闭排系统

闭排系统设计遵循与开排系统相互独立的基本原则, 常规设计采用开闭排系统分设方案, 防止带压气体或液体进入开排系统或通过管路回流在平台上到处泄放。而全压设计的无人平台通常泄放工况少, 泄放量低, 近年来逐渐出现开闭排系统的组合方案, 经过安全性评估, 设置一组泵共用, 简化工艺流程。由于 B 平台为稠油油田, 闭排与开排系统的流体粘度相差极大, 工况参数存在很大偏差, 因此采用常规分设方案, 保障流程平稳可靠。此外, 平台泄放工况烃类含量低, 为避免原油生产系统过压时烃类回流到闭排罐大量放空, 产生安全风险, 方案设计中在闭排泵排出管线设置开关阀, 通过液位控制信号实现与闭排泵同时启停。

### 1.4 其他系统

化学药剂系统设三种药剂, 自持周期 15 天, 采用常规设计配置药剂罐和注入泵。注入泵设计压力与原油生产系

统一致, 采用热备设计简化流程, 即主泵和备用泵的吸入和排出管线设置常开的手动阀, 减少电动阀配置和远程操作。注水系统采用常规的远程注水模式, 不设置处理和增压设备, 通过注水海管接收依托平台的合格注水水源, 工艺方案简单可靠, 经济性好。

综上所述, 以现今海上油田发展趋势, 非常规油田比重逐渐增加, 随着技术进步, 无人平台在储量小, 经济效益低的非常规油气田开发中逐步尝试应用。而在稠油油田开发中, 设计关键点在于结合项目实际情况分析及确定合理的降粘工艺, 保障原油流动性。对于无人平台整体工艺设计, 应在安全可靠的基础上, 持续推进技术应用升级, 实现流程简易化、设备自动化、管理智能化, 减少人工干预, 提升开发效益。

### 参考文献:

- [1] 罗彭. 海上无人井口平台工艺系统设计方案研究[J]. 石油和化工设备, 2020, 23(3): 11-13/16.
- [2] Q/HS 3024-2019. 海上无人驻守井口平台设计规定[S]. 北京: 中国海洋石油总公司, 2013-01-31.
- [3] 陈迪, 朱春丽, 钟雨桐. 海上数字化无人井口平台设计研究与思考 - 以渤海某高凝油田无人井口平台设计为例[J]. 石油化工应用, 2020, 39(7): 97-101.

### 作者简介:

张辉(1987-), 男, 本科, 工程师, 主要从事海洋石油工程工艺设计方面的研究。