

“少（无）人值守”模式下 SHB 油气田站库 安全运行方式研究

陈祺锚（中石化西北油田分公司采油四厂，新疆 阿克苏 842200）

摘要：为有序、高效实现 SHB 油气田站库安全生产运行，从 QRA、现场操作和运行成本角度说明站库在“少（无）人值守”模式的实际需求；由需求角度，从“人”的因素、安全事件预防、异常事件应急响应和巡检管理四个方面阐述数字化应用对于少（无）人值守模式下站库安全运行的有利条件。最后基于运行经验提出集成式数字孪生工厂建设等 3 项优化建议，这有助于 SHB 油气田站库在“少（无）人值守”模式下打造安全站库。

关键词：少（无）人值守；数字化应用；孪生工厂；安全运行

针对集中监控、少（无）人值守的油气田站库运行模式，Wang Yingying 等人针对无人值守海上平台的智能无人机巡逻，建立规划出有效、准确的三维飞行路径，对于海上平台的智能风险监测具有重要意义；张伟等人着重研究了基于物联网的油田无人值守井站技术及实际应用，节约长庆油田的管理、运行成本；张隆国等人从无人值守站的建设需求设计了无人值守井站方案，并进行了先导性试验。

1 站库“少（无）人值守”模式的必要性

1.1 QRA 角度

站内生产介质包括原油、天然气和硫磺等，均属高危品。其中天然气分布范围最广，因此以干气（88% 甲烷含量，以甲烷替代）为例，研究其泄漏后蒸气云易燃区的风险范围。情景模拟泄漏点位于干燥塔后端的粉尘过滤器，主要计算参数见表 1。甲烷爆炸下限为 50000ppm，本次主要定量模拟其 60%LEL 和 10%LEL。计算结果见图 1 和图 2。

表 1 模拟参数表

泄漏点	粉尘过滤器	压力	2.2MPa
尺寸	Φ600×3070mm	泄漏孔径	1、2cm
温度	25℃	泄漏持续时间	1min
大气稳定度	B	风速	0.9 ~ 1.9m/s

由图 1，图 2 可知，在风速 0.9 ~ 1.9m/s 下，泄漏孔径为 1 ~ 2cm 时，粉尘过滤器泄漏后下风向 25 ~ 47m 范围内属于 10%LEL 区域，12 ~ 19m 内属于 60%LEL。当泄漏孔径为 2cm，风速为 0.9m/s 时 LEL 范围为下风向 15m。因此可看出风速和风向对泄漏危

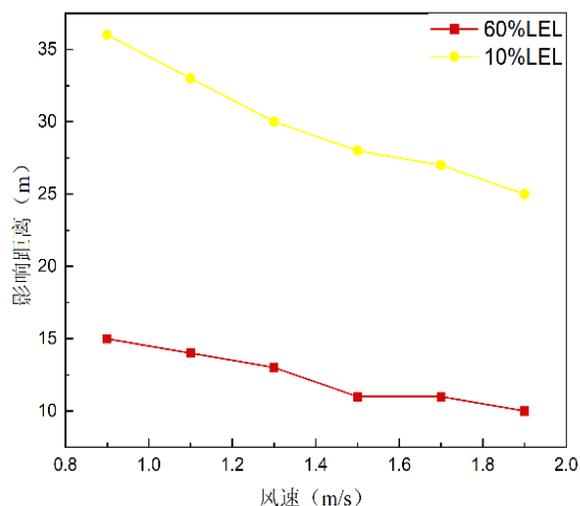


图 1 不同风速下泄漏（1cm）影响距离

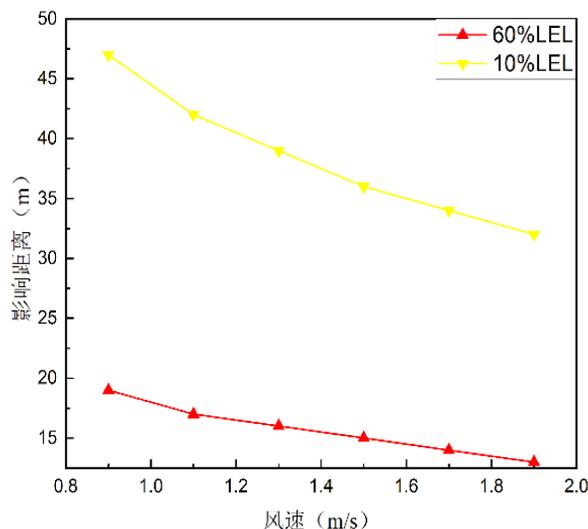


图 2 不同风速下泄漏（2cm）影响距离

险范围影响很大。

1.2 操作和成本角度

① SHB 油气田位于沙漠腹地，每年除冬季外均为沙尘（暴）天气，该天气下操作人员在室外易出现呼吸困难等症状，无法进行有效操作。

② 操作人员平均成本为 15 万元，且存在人员不易招聘和流失率高等情况，用工成本较高。

综上所述，基于 QRA、操作和成本角度，少（无）人值守模式是站库现场运行管理的迫切需求。

2 SHB 油气田站库安全生产

针对站库“少（无）人值守”模式需求，通过“人”的因素、安全事件预防、应急响应和巡检管理四个方面，研究该模式下的安全生产和运行方式。

2.1 “人”的因素

国内外安全事件统计研究结果均表明人为因素是导致事故发生的主要因素。因此对于油气田站库，要有效实现“少（无）人值守”模式下安全生产运行，须主要加强把控“人”的因素。

2.1.1 人员配置

SHB 油气田站库体系中主要人员配置为三“五”架构，按生产序列即 5 名 10 ~ 20 年站库管理经验的管理序列人员，5 名 10 ~ 30 年操作经验的高技能水平操作序列人员和 5 名 1 ~ 3 年经验的青年员工；按年龄（截止站库原油装置投产）即 20 ~ 30 岁人员 5 名，30 ~ 40 岁 5 名，40 岁及以上 5 名。合理、稳定的人员架构配置是站库安全平稳运行的基础保障。

2.1.2 人员培训

2.1.2.1 新工培训

基于本质安全角度，人员无法集中在站内随意行动，因此线上培训模式是有效的新工培训方式。人员线上培训采取三级培训模式：第一级学习设计参数，包括 PID 回路学习等；第二级利用将 DCS 实时数据接入数字化站库三维模型的方式，开发站库三维应用，人员可在三维应用中梳理装置工艺流程，查看设计参数与实时数据，快速学习掌握生产工况；第三级通过三维平台结合虚拟现实设备的方式展示站场三维动态，让学员能够基于真实站场进行模拟操作，深入学习。

2.1.2.2 现场操作培训

由于现场生产连续进行，仅能根据实际生产需求开展流程切改和参数调整等工作，因此人员培训和考评受到时间和地点上的严格限制。利用 OTS 平台，在

三维数字化工厂内实现虚拟与现实相结合的模式，员工可进行线上操作培训，操作内容包括开、停工站场大型操作、流程切换操作、应急事件处置演练等，并具备评分功能。将其纳入员工考核体系之中，不断提升现场人员操作水平。

2.2 安全事件预防（生产运行优化）

站库安全运行重点在于预防。为有效预防事故发生，需要不断调整、优化生产工艺参数，纠正偏离参数。

2.2.1 PID 参数整定优化

站库少（无）人值守的基础在于高程度自动化，而高自动化水平的实现重点在于 PID 参数整定，这对于生产参数的精确控制及纠偏极为重要。

站库目前拥有 160 个控制回路，且生产中进料介质组分变化较大，易出现短时间内的大幅变化，PID 整定任务繁重。采用 PID 专业调整软件，全天候监控评测控制回路性能和状态，技术人员可以通过异常诊断结果对问题进行快速地、有明确方向的核实和验证，在传感器和控制阀开始出现故障特征时就可及时进行预防性维护，优化 PID 回路性能，降低故障停车概率。

2.2.2 工艺参数模拟

生产过程中，由于来油（气）组分变化和运行状态变化等原因，部分设计参数不再适用，利用工艺流程仿真软件模拟运行参数，定期或不定期纠偏、调整和优化生产参数，提前预防异常事件的发生，降低安全未遂事件发生概率。

2.2.3 辅助决策系统

安全生产运行需要有管理运行人员的正确决策，而正确决策需要有数据支撑，站库实现能耗数据和各类生产参数的实时报表生成，形成以数据为主的辅助决策系统，保障管理人员的正确判断和决策。

2.3 应急响应

油气田安全事件属于低概率、高风险事件，一旦发生需要正确和快速的应急响应处置。

2.3.1 报警管理

多工况报警功能可在异常紧急事件发生时，及时进行自动识别，合并关联报警，降低同装置或事件的报警数量并于看板进行多维度集中展示，协助应急处置人员及时掌握源头报警信息，快速判断事件根本原因，从而正确、及时、有效地调整和处置。

2.3.2 应急处置

人员定位系统可实时展现站内不同工作类型人员信息、数量和各自位置，人员分类包括管理人员、操

作人员、施工人员和参观人员。根据不同类型人员越界报警或静止报警等不同报警类型确定救援处置方式,迅速组织力量进行现场确认和抢救,亦有利于站内应急事件发生时,实现高效人员撤离和清点。

2.4 巡检管理

2.4.1 虚拟巡检

根据设定情景,操作人员使用VR眼镜操控虚拟人员可在三维数字工厂内实时查看参数和调阅监控,有助于人员对于重点、特定参数的全面掌握。

2.4.2 现场巡检

根据巡检任务,巡检人员持有人员定位卡和防爆通讯终端进行现场巡检,巡检虚拟人物形象和路线实时在三维数字工厂内展示,当人员附近有可燃、有毒气体报警可及时通知巡检人员撤离该区域,保证其人身安全;巡检结束后可形成巡检路线轨迹,进行回放查阅,这样也有利于制度的落实和安全管理规范化。

2.5 站库现场“少(无)人值守”结果对比

与相同工艺的THE联合站和THS联合站相比,以气处理装置为例人员配置情况见表2。其中折合人员数量为 $400 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 处理量下人员数量。

表2 站库人员配置

联合站	设计处理量	实际人员	折合人员数量	节约人员数量
THE 联合站	$40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$	6人	60人	--
THS 联合站	$50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$	10人	80人	--
SHB 站库	$410 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$	4人	4人	56~76人

由表2可知,目前阶段,SHB油气田站库大幅降低了现场操作人员数量,有效实现了少(无)人值守站库运行目标。后期随着改扩建和站库运行时间增长,设备老化、可靠性下降,有可能需要增加人员数量以增加异常事件的应急处置效率,但与其它站库相比现场操作运行成本仍拥有巨大优势。

3 优化建议

①目前工艺流程模拟多以产品质量为导向,适合于学术研究但不完全适合于工程应用,现场流程模拟应当在基于安全生产前提下,以保障产品质量合格为基本要求,以提升经济效益为导向,建立工厂级工艺仿真模型,减少输入参数,以经济效益最大化为目标进行实时工艺仿真优化,实现站库安全、经济运行。

②上述数字化应用全部开发后,集成在一个应用中,形成集成式SHB油气田站库数字化孪生工厂,在其中可以进行各式功能的统一整合和有机联接,实现二、三维的随意转化和数据共享,有利于人员集中高效培训和考评管理。

③基于机器学习连接实际运行DCS和离线模拟操作DCS,持续将实际DCS运行规律实时补充至虚拟操作中,以方便员工在模拟操作时更快地掌握油、气、水和硫磺工艺处理、生产运行逻辑规律,提升中控人员素质,从而提升站库生产运行管理水平和应急处置能力。

4 结论

①SHB油气田站库由于生产介质高危性,存在泄漏等事件影响范围大、风沙天气多不利于操作的特点和降本增效需求,少(无)人值守模式成为迫切需求。

②“人”的因素是站库安全运行的首要因素,SHB油气田站库人员配置及各类数字化应用有助于实现常态化、高效率人员培训与考核,而不受现场生产方面时间和地点的限制。

③将安全运行分为零事故运行和应急处置两方面,数字化应用将方便各级管理和运行人员进行工艺参数优化、事故预防、异常事件分析和应急处置。虚拟巡检和实际巡检相结合是SHB油气田站库安全巡检工作的重要载体。

基于安全运行角度考虑,提出了以经济效益为导向的工艺模拟、集成式数字化孪生工厂应用和利用机器学习优化DCS离线仿真等三条优化建议,数字化应用将在SHB油气田站库与实际需求和紧密工作紧密结合,实现“落地”应用,帮助SHB油气田站库安全、高效、平稳生产。

参考文献:

- [1] 韩颖,秦运巧,毕文婷.预防为主 标本兼治——记第八届中国国际安全生产论坛[J].劳动保护,2016(11):31-35.
- [2] 张伟,张煜,王军锋,田启武,罗凌燕,周冰欣,雍硕.基于物联网的无人值守井站技术研究与应用[J].石油化工应用,2017,36(10):107-110+118.
- [3] 张隆国.无人值守井站系统的研究与应用[D].西南石油大学,2018.

作者简介:

陈祺锚(1987—),男,汉族,四川绵阳,本科,研究方向:油田安全生产管理。