

# 天然气长输管道无人值守站建设及运营管理实践

李松 樊苏楠 薛德坤 崔江忠 (中原油田分公司油气储运中心, 河南 濮阳 457001)

**摘要:** 随着管理理念以及信息技术的不断提高, 越来越多的企业为减少投资费用、缩短建设周期、降低运营成本, 在新建天然气长输管道工程项目中试点建设无人值守站。对于无人值守站的建设及运营管理, 笔者总结了设计审核、物资采购、工艺改造、联调试运、运行维护等方面的经验, 提出了全行业无人值守站发展必经的四个递进模式, 并向着设备智能化、现场无人化、控制集中化、运行维护化的方向发展, 文中的见解可为读者开展长输天然气管道无人值守站的建设及管理工作提供参考。

**关键词:** 天然气; 长输管道; 无人值守站; 运营管理

## 1 引言

随着工业信息技术的飞速发展, 尤其是自动化技术和数字化技术在天然气行业的大量应用, 管理智能化、场站无人值守化将成为天然气行业发展的必然趋势。但目前国内对于天然气管道无人值守站的管理尚未形成统一标准, 对无人值守站的建设及管理还在进一步的摸索之中。笔者团队近年历经了某天然气长输管道无人值守站的建设、试运和运行管理, 积累了一些无人值守站认知, 以供大家在建设及运营过程中做参考。

某长输天然气管道末站初设为输气末站, 设计压力 6.3MPa, 年输送能力  $10 \times 10^8 \text{Nm}^3$ , 主设收球流程、分离流程、计量流程、紧急切断流程、放空排污流程、自用气流程等。主要功能为接收来气、过滤分离、计量外输; 还具备预留分输、放空排污、数据采集、视频监控、辅助配套等功能。施工图设计阶段, 考虑互联互通的功能, 增设了反输工艺流程; 运营期间, 鉴于市场和生产需求, 又增设了调压工艺。

经过工艺、设备、自控的改造以及运行管理的不断完善, 实现了断电自启动发电、调控远程控制的常态化无人值守。改造及运营工作的开展, 大大提高了笔者团队对无人值守站的认知。

## 2 无人值守站概述

### 2.1 无人值守站的概念

真正意义上的长输天然气管道无人值守站为现场无人值守、无人操作的场站, 所有日常流程切换、启停调压操作均由远程集中控制端实现。可执行的管理模式为正常运行时站场实行区域中心或调控中心远程控制、视频监控及数据监测; 现场只定期巡查、维护保养, 并做好突发应急处置。

鉴于我国管道建设历史及工业水平等因素, 大部分已建场站功能受限, 尤其是自控功能方面, 无人值守站可能弱化为现场有人值守、无人操作、远程控制的模式。即站场配备少量人员驻站值守, 正常运行时无需操作, 由调控中心远程控制, 异常时由驻站人员检维恢复。

区域中心或调控中心设置在其中一个站场, 包括备品备件库房及应急物资库房, 配备巡查应急工程车辆, 待班人员 24h 待班值守, 管理范围充分考虑应急响应时

间要求及工作任务饱和度。笔者所在无人值守站距离调控中心不到 1h 车程, 直接采用了“无人值守、定期维护、远程控制”的管理模式。

### 2.2 无人值守站的特点

#### 2.2.1 设备的本质安全要求

长输天然气管道无人值守站场内的单体设备、管道材质等物料应从本质安全的角度考虑, 选用高安全性能材质, 按当前的工业发展进程, 更安全的工业设备和材料需要投入更多的资金用于采购。为保证周边环境的安全, 还需配套安防系统。在施工阶段严格执行工程施工验收标准, 确保工程质量, 达到无人值守要求。笔者所在无人值守站最终实现了 100% 的关键控制阀门调控远程控制, 并且中间分输站也能控制, 控制权限可互相授权; “双控”模式解决了单向节点通讯中断导致的可能生产控制中断问题。同时, 对于现场工艺设备, 提高设备品牌的统一性, 能大大提高运行维护的便捷性。

#### 2.2.2 系统的安全稳定要求

天然气站场属于高危环境场所, 外加无人值守, 实现远程控制高度依赖于控制系统的稳定性和安全性。高频率的系统误报警或者不稳定的控制逻辑是不可接受的, 对场站工业控制系统的安全稳定性提出更高的要求, 即需在设计阶段就提高工业控制统等级, 并采用先进的仪表自动化控制设备, 在调试阶段通过控制系统的多轮 SAT 实测, 正式投入无人值守前还需验证其多工况条件运行的稳定性。同时, 对于控制系统稳定性尤其重要的是, 还需保障系统的电力稳定性。笔者团队运行管理的无人值守站通过 UPS 系统和燃气发电机自启动系统共同保障电力稳定, 当市电中断后, 燃气发电机自启动供电, 若发电机异常, UPS 供电保障应急设备运行 24h 以上。

#### 2.2.3 专业的运维团队要求

无疑目前的天然气工业发展进程还达不到全面智能化管理, 还处于人机控制的阶段。在管辖区内, 一个待班班组或团队可管辖多个无人值守站, 其宜由设备工程、自控系统、网络工程、工艺工程、车辆驾驶等专业方面的人员组成。若是有人驻站, 也宜优先选派懂设备、工艺、仪表等专业方面复合型人员, 但无需 24h 连续值班。生产运行数据可由区域中心或调控中心监测; 特殊情况

下, 选派综合能力较强的管道保护人员亦可。对于管道维抢修、大型设备检修及专业检测等可依托专业服务商或自建抢维中心。监控到位的无人值守站, 基本可以当做管道巡护队的巡查点来管理, 执行每周 2~3 次的定期巡查维护。总之, 运维团队将分化为更专业的调度人员和更全能的检维人员两个工种, 操作人员维护化了。

### 2.3 无人值守站发展阶段

对比中外已建管道的建设、运行管理现状, 设计理念的更新及建设标准的统一是中外长输管道管理差距的关键指标。场站无人值守化受到管理理念、设计水平、建设水平、工业水平、运维水平等的制约, 我国石化行业还未有效形成无人值守场站标准化文件, 目前只有电力系统 2019 年出台了无人值守变电站监控技术标准。

综合来看, 我国管道行业的发展还需稳步推进, 管道管理正式步入无人值守化管理模式前, 总体要历经以下几个阶段: 第一阶段, “有人值守、有人操作、站控控制”, 此模式为目前大部分企业的运行模式; 第二阶段, “有人值守、选择操作、站调联控”, 此模式存在的原因一方面是部分企业历经多次改造后新旧系统并行, 另一方面为解决生产实际问题, 需执行权限联控; 第三阶段, “有人值守、无人操作、远程控制”, 此阶段管辖区驻站人员无需再操作, 做好日常巡查维护, 操作业务逐步转向维护业务, 岗位人数明显减少; 第四阶段, “无人值守、定期维护、远程控制”, 在此阶段, 原现场操作业务全面转向维护业务, 由区域调控集中控制, 调度人员和维护人员依据管辖区大小合理配置。总体来说从第一阶段到第四阶段是一个设备智能化、现场无人化、控制集中化、运行维护化的递进过程。

## 3 无人值守站工艺

### 3.1 计量工艺

目前, 在贸易交接计量系统中最常用的流量计为超声流量计。通常计量单元由上、下游汇管和并联的测量支路组成。每条流量测量支路主要由上下游截断球阀、流量计、上下游直管段、整流器、绝压变送器、压力表、温度变送器、温度计以及流量计算机等组成。另外, 压力平衡阀、注氮阀、放空阀、排污阀等也是计量支路中需要的组件。上游截断阀为全通径球阀, 下游截断阀为双向密封全通径球阀。对于无人值守天然气站场, 截断阀宜为可远程控制的执行机构, 且执行机构动力源宜采用复合型。无人值守站计量支路至少为一用一备。

### 3.2 调压工艺

超压保护装置的调压系统是无人值守站的重要装置。调压支路数量一般同计量支路, 并选用相同的调压器并联, 控制阀应能实现 PID 整定控制功能。根据无人值守站工艺要求, 调压系统采用一级或二级调压方式, 调压由安全切断阀、监控调压器、工作调压器(阀)组成。调压器用于调节稳定天然气的后压, 向用户安全、可靠地供气。切断阀在调压器因故障等原因, 后压超出正常压力波动范围时, 对供气管道进行切断, 保证安全。

系统在经过调压后, 气体温度将会产生很大的变化, 为保证系统及各设备的正常工作, 可考虑在调压设备前配置加热系统。

### 3.3 紧急放空

无人值守站对系统紧急放空的要求更高, 放空不仅要考虑响应等级、响应程序等, 更需要实现全区域覆盖, 因而总体上来说场站的紧急放空应包含了三部分: 进站计量区、调压出站区和自用气撬区。目前已建场站若改造为无人值守站, 常常会忽略自用气撬也需做紧急切断和紧急放空设计。对于 ESD 响应全站泄压关断, 关闭进出气紧急切断阀, 关断生产流程及辅助流程, 打开紧急放空阀泄压, 停除应急电源及消防电源外的生产用电。对于 PSD 响应全站保压关断, 关闭进出气紧急切断阀, 关断生产流程及辅助流程, 不放空。

## 4 无人值守站管理

### 4.1 场站的建设管理

场站建设, 设计先行, 新建场站如何紧扣“以人为本”, 实施长远规划是个复杂的系统问题。从已建管道的建设经验来看, 跨越无人值守站发展阶段, 直接步入无人值守需要提供更全方位的新设计理念和资金投入。场站建筑面积、辅助供电工程、给排水工程的资金投入会有所降低, 但单体设备、控制仪表、控制系统的成本费用会大大增加。因而设计采购标准的统一、工程质量的把控、设备的联调试运将联系的更加紧密和紧凑, 这就更需从源头做好可行性研究和设计工作。

### 4.2 场站的试运管理

从运行管理的经验来看, 对于无人值守站, 控制逻辑难度大, 存在联调联试不充分, 遗留隐患的风险。系统容错性要求高, 且缺少实际运行经验, 风险考虑不全面。设备的联调试运时间必将被延长, 所需各方的保运期限也需延长。对现场联调人员、试运人员、运维人员的综合业务水平、专业化程度也将提出更高的要求。只有经历过一个发展周期后, 行业整体工业水平和人员业务得到提升, 才能保障管道工业体系的深度延展, 这必将是一个艰难的提质升级过程。

### 4.3 设备的维护管理

无人值守站的设备管理, 应是基于设备完整性的全生命周期管理。从设备选型之初, 就考虑运行维护需求, 建立完备的设备管理平台, 完善设备档案信息、建立备品备件物料库; 对于关键设备, 可辅助配备高端智能化的设备运行状态实时监测传感器, 利用监测平台实时监测设备的状态, 一旦发现异常及时切换备用设备, 由专业检修团队检修, 日常定时开展设备维护保养, 确保设备处于安全良好运行位。对车程在 30min 以内的相邻的场站按照作业区域进行人员及业务的整合, 按照“运检维”一体化的作业方式, 对生产运行, 设备维护、管道管理等实行统一的集中管理。

### 4.4 计量的监测管理

计量系统的准确性尤为重要, 对于(下转第 111 页)

M2H 中间实施的领眼井 C05P1 (见图 8), 测井该处证实含油性好 (见图 9)。由此证实单井实际动用范围与理论研究一致。基于此项研究发现 M 油田的稠油底水油藏有极大的加密挖潜空间, 原井距可再缩小 1 倍以上, 据此推动该油田大规模加密调整。

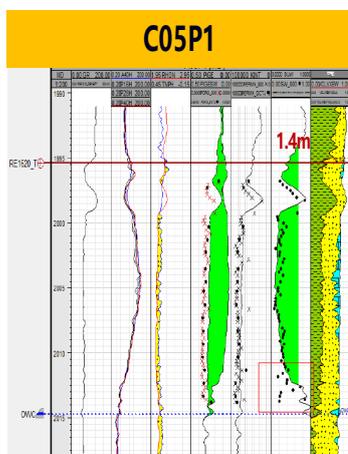


图 9 C05P1 测井解释曲线

#### 4 总结

本文通过对海相砂岩稠油底水油藏波及规律量化研究, 发现粘度、渗透率各向异性与单井波及范围呈负相关性, 隔夹层的分布、水油砂厚比与单井波及范围呈负相关性。由此规律量化可指导现场对稠油大底水油藏在夹层不发育的区域进行井间加密调整。

(上接第 108 页) 无人值守站, 备用计量系统是必不可少的。采用基于大数据分析的数据挖掘技术, 引入自控系统的调节功能, 及调压系统的压力流量 PID 整定自调节功能, 全方位实施计量数据的动态实时监测, 设定基于供需平衡的《管道运行控制原则》实现计量数据的对比控制及计划指标的科学输配。

#### 4.5 系统的维护管理

应用自动化控制技术, 采用报警预警系统设备, SIS 仪表安全系统, FGS 火气系统, ESD 紧急切断系统, SCADA 数据采集系统, 并加强系统逻辑程序的分析部署, 完成系统对输气参数进行实时采集和管理, 提高输气管道的智能化水平。对长输天然气管道系统进行实时的数据动态监测, 完善数据深度挖掘应用开发, 及时控制管道系统异常, 通过自控系统的自整定或人工辅助远程控制功能来实现控制和管理, 对异常情况响应, 保证管输系统的正常运行。

#### 4.6 场站的运营管理

无人值守站的运营管理主要包括了设备管理、自控管理、计量管理、维护管理、外协管理、检验管理、异常管理、联络管理、安全管理、警戒管理、消防管理、变更管理等十二项主要内容。各项内容均应制定统一的执行制度标准, 强化无人值守站“以人为本、高效便捷、安全经济、稳定可靠”的核心运营理念, 继续推进设备智能化、现场无人化、控制集中化、运行维护化。

#### 参考文献:

- [1] 罗东红, 闫正和, 梁卫, 刘伟新, 顾克金. 南海珠江口盆地海上砂岩油田高速开采实践与认识 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2013.
- [2] 罗东红, 梁卫, 刘伟新. 珠江口盆地砂岩油藏剩余油分布规律 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2011.
- [3] 喻高明, 凌建军. 砂岩底水油藏开采机理及开发策略 [J]. 石油学报, 1997, 18(2): 62-65.
- [4] 姜辉, 于兴河, 张响响. 主流随机建模技术评价及约束原则 [J]. 新疆石油地质, 2006(05).
- [5] 印兴耀, 贺维胜, 黄旭日. 贝叶斯-序贯高斯模拟方法 [J]. 石油大学学报, 2005(05).
- [6] 黄尚军, 杨帆, 潘举玲, 徐强. 精细油藏数值模拟技术及应用 [J]. 断块油气田, 2002(05).
- [7] 韦建伟, 罗锋, 唐人选. 关于开采底水油藏几个重要参数的确定 [J]. 大庆石油地质与开发, 2003.
- [8] 柳成志, 张雁, 单敬福. 砂岩储层隔夹层的形成机理及分布特征 [J]. 天然气工业, 2006, 26(7): 15-17.

#### 作者简介:

缪云 (1987-), 女, 汉族, 籍贯: 湖北武汉, 学历: 硕士, 研究方向: 油气田开发。

项目名称: 《番禺 4-2 油田海相强水驱稠油油藏提高采收率技术研究》编号: CCL2017SZPS0340

项目性质: “十三五”重大专项。

#### 5 结语

无人值守站的建设及运营不仅能带来经济效益, 同时可实现企业组织架构重塑, 从运营角度来看, 节约了人力成本、压缩了工作流程, 实现了企业流程再造; 但从安全角度来说, 为了保障安全, 高端设备、控制系统、专业检维成本必将提升。具体基于哪个阶段的运行模式, 各企业只能结合区域经济发展情况, 做出适合自身企业安全经济发展的决策, 从事无人值守站的建设及管理的人员更需加强市场研究和判断, 做好设计施工、物资采购、联调联试、运行监控的全面配套管理工作, 运行方面做好调度、检维、操作人员的高效动态配置, 方能在行业市场提质升级的进程中长期立足。

#### 参考文献:

- [1] 张世梅, 张永兴. 天然气长输管道无人站及区域化管理模式 [J]. 石油天然气学报, 2019, 41(06): 139-144.
- [2] 李国海, 董秀娟, 李国海, 董秀娟. 天然气管道无人值守站建设及站场安全运行 [J]. 管道保护, 2018(05): 11.
- [3] 周巍, 缪全诚. 关于长输天然气管道数字化无人值守站场建设的探索 [J]. 管理科学与工程, 2021, 10(2): 183-187.

#### 作者简介:

李松 (1987-), 男, 汉族, 云南昆明人, 本科, 油气储运工程师, 主要从事油气储运、安全运营方向的技术研究工作。