混输管线设计关键参数与投产注意事项

张 腾 柳 婷 周 刚 张 强 王 娜 逯玉亮

(鲁胜公司生产管理部, 山东 东营 257000)

摘 要 本文以某生产区域为例, 对该区的基础数据和混输管线方案设计进行了论述, 对气油比、液量预测、凝固点三项参数进行了优化, 阐述了投产过程中的注意事项, 投产方案中除了要体现投产步骤、人员安排等方面, 还要充分考虑应急处置措施。

关键词 混输管线 水套加热炉 气油比 投产事项

中图分类号: TE973

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)05-0040-02

1 设计概况

某生产区域现有生产油井 56 口, 以单井拉油方式生产。为方便管理、降低生产运行成本, 该生产区域拟实施拉改输工程。

1.2 基础数据

1. 原油物性: (1) 原油密度 (20℃) 0.87g/cm³; (2) 原油粘度 (50℃) 33mPa·s ~ 39mPa·s; (3) 凝固点 28℃ ~ 35℃; (4) 气油比 30.0m³/t。

2. 地层水水质: (1) 矿化度 2 × 10⁴mg/L ~ 20 × 10⁴mg/L; (2) 水型 CaCl₂ 型。

3. 产量预测: 该生产区域目前总产液量为 295.3m³/d, 产油量 141.7t/d, 综合含水率 46.1%。^[1] 根据地质部门预测, 未来 5 年最大产液量 401m³/d, 产油量 197t/d, 综合含水 44.7~50.6%。

1.3 方案设计

1. 路由选择。方案以 A 点为管输起点, 沿 B 点、C 点、D 点向 E 点输送。A-B 段单井集油管线设计参数: (1) 设计输液量 20m³/d; (2) 设计压力 1.6MPa; (3) 设计温度 80℃。B-D 段外输集油干线设计参数: (1) 设计输液量 200m³/d; (2) 设计压力 1.6MPa; (3) 设计温度 80℃。D-E 段集输干线设计参数: (1) 设计输液量 450m³/d; (2) 设计压力 1.6MPa; (3) 设计温度 80℃。

2. 管线及管径选择。A-B 段单井集油管线 DN65 钢骨架复合管 1.5km, B-D 段集油干线 DN75 钢骨架复合管 5.0km, D-E 段混输管线 DN100 钢骨架复合管 6.5km, 全长 13km^[2]。

3. 主要设备设施。A 点安装 50kW 水套加热炉 1 台。B 点安装 100kW 水套加热炉 1 台, Q=5m³/h、P=1.6MPa 油气混输泵 1 台。C 点安装 150kW 水套加热炉 1 台, Q=30m³/h、P=1.6MPa 油气混输泵 1 台。D 点安装 200kW 水套加热炉 1 台, Q=30m³/h、P=1.6MPa 油气混输泵 1 台, φ1200mm 立式分离器 1 台。

4. 水套加热炉选型:

(1) 设计参数: 方案中设计 4 台水套加热炉, 设计参数如表 1 所示:

表 1 水套加热炉设计参数

节点	功率 (kW)	进口温度(℃)	出口温度(℃)
A 点	50	20	60
B 点	100	20	60
C 点	150	35	60
D 点	230	40	65

(2) 设备选型: 在给定温升范围的前提下, 根据热力学热量计算公式, 可以求得各节点所需的加热负荷。

$$Q=c \cdot m \cdot \Delta t$$

式中 Q- 热量(J); c- 比热容(J/kg℃); m- 质量(kg); Δt- 升高(或降低)的温度(℃)

在设计液量下对水套加热炉热负荷核算, 各节点所需热负荷见表 2, 加热炉的负荷率满足《油气集输设计规范》(GB50350) 4.4.5 中规定的宜为 80% ~ 100%。

表 2 水套加热炉热负荷核算表

节点	进口温度(℃)	出口温度(℃)	所需热负荷(kW)
A 点	20	60	13.1
B 点	20	60	88.3
C 点	35	60	123.2
D 点	40	65	183

5. 水力热力校核:

(1) 水力热力计算方法。由于混输管道流动规律复杂, 至今还没有适应各种情况的压降计算方法, 当所属液体呈牛顿流体时, 油气混输管道的沿程摩阻由达西公式计算:

$$h_f=\lambda \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$$

式中 h- 管道沿程摩阻, 液柱(m); L- 管道长度(m); d- 管道内径(m); v- 管内液体流速(m/s); g- 重力加速度, g=9.81m/s²; λ- 水力阻力系数。

管道沿线任意点的输送介质温度应按下式计算:

$$t_x=t_0+(t_1-t_0)e^{-ax}$$

式中 t_x- 管道沿线任意点的输送介质温度(℃); t₀- 管外环境温度, 埋地管道取管中心深度地温(℃); t₁- 管道计算段起点的计算温度(℃); e- 自然对数底数, 宜按 2.718

取值; a -系数; x -管道计算段起点至沿线任意点的长度(m)。

(2) 水力热力核算。利用 Pipephase 按照杜克勒 II 法建立模型, 进行模拟核算。

2 关键参数

理论计算是可行性研究阶段的基础, 只有基础数据真实可靠才能为理论计算提供支撑。方案设计之初, 生产单位需提供详细的生产资料, 如指标预测、油品物性、水分析、地面构建筑物等, 这些数据都会影响计算结果, 下面对气油比等三项基础数据做着重说明。

2.1 气油比

油井生产时, 油和气同时从井中排出, 采出每吨原油所带出的天然气体量成为气油比, 也称油气比。气油比是管线设计中非常重要的基础参数。原油在开采举升过程中, 随着环境压力、温度的变化, 会使溶解在原油中的伴生气不断析出, 所以在气油比较大的生产区域, 集油管线内一般为气液两相流。水平气液两相流管道中, 随着气速的增加, 流型依次为分层流、波状流、长泡流、液节流、分散气泡流和环-雾状流。不同的流型对水力热力计算有着较大影响。沿程摩阻计算时要考虑水力阻力系数 λ , λ 的取值与流型及雷诺数 Re 有关^[3]。同时, 气油比还影响到伴生气量的预测, 关系到热力设备燃料选型与能力核算问题。

2.2 液量预测

按照《油气集输设计规范》(GB50350)中3.0.5条款要求, 地质部门应提供10年的产液量预测。地质部门一般根据开发规律进行产液及含水预测。而按照一般的油田开发规律, 往往在预测的最后一年达到最大的生产规模, 并且与当下的生产规模差异较大。这也是地面配套工程规模普遍较大的原因之一。

2.3 凝固点

凝固点是晶体物质凝固时的温度。对于高凝原油, 在管线长、液量低的情况下如何控制各节点的温度是设计的“技术难题”。部分方案采用增加热力设备, 用热量接替的方式来保证整段管线的运行温度, 在气源稳定的情况下, 这是一种较为经济的处理方式。原油集输方式可分为加热输送和冷输两种, 目前长庆油田等地已经将不加热“冷输”工艺应用到了DN80管径的集油支干线上。虽然“凝固点高”在一定程度上加大了输送难度, 但是可以预见的是随着工艺技术的发展, “冷输”可能是更为低碳、经济的输送方式。

3 投产过程中的注意事项

3.1 投产方式的选择

投产方式分冷管直接投产、加降粘剂或稀释投产、预热投产。

1. 冷管直接投产。投产前直接将输送戒指输入到管道中, 靠介质自身温降来加热管道周围土壤, 这种投产方式成为冷管直接投产。最先进入管道的介质在输送过程中始终与未升温的冷管壁接触, 随着输送距离的增长, 介质温度很

快降低至管道埋深处的自然地温, 这部分介质称为冷油头, 其散失的热量主要用于加热管材本体。冷油头温度接近或低于凝固点时, 会使输送的摩阻急剧升高。因此, 只有当大排量输送、输送距离较短、投油时管道埋深处地温较高时, 才能采用冷管直接投产^[4]。对于长输管道, 当地温接近凝固点时, 也可采用冷管直接投产。

2. 加降粘剂或稀释投产。为降低输送时的摩阻, 可在在输送介质中掺稀油或加入化学添加剂, 降凝降粘后投入冷管道, 一般在某些特定工况下使用。

3. 预热投产。预热投产的方法较为常用, 尤其对于输送易凝原油的长输管道, 一般均采用此方法投产。预热投产即在投油前先在管道中输送热水, 建立稳定的温场后再投油。为节约投产用水以及燃料, 预热投产可采用正反输交替预热, 也可采用单向预热。

3.2 投产过程注意事项

管道投油后要紧密观察各节点生产参数, 不得随意停输。泵压的调节既要考虑前端油井回压是否合理, 又要考虑后端泵入口压力变化, 同时泵出口压力又应在设备自身合理运行工作参数范围内。要考虑加热炉的设计最高出口温度以及管材的耐温条件。各节点参数的监测与连锁控制可依托信息化建设实现自动调控。

4 结论

管线设计中关联参数非常多, 除了常规基础参数外, 还要根据输送介质的特殊物性、输送环境的特殊条件进行补充完善。参数不落实的, 需在落实后再进行方案设计。投产过程的组织协调也非常重要, 应制定合理的投产方案, 成立专门的工作小组, 成员应包括但不限于设计人员、主要设备设施供应商、施工人员、现场操作人员。组织投产前, 应由工程主管部门组织各相关部门进行工程验收, 确保工程按图施工, 无技术、安全环保隐患。投产方案中除了要体现投产步骤、人员安排等方面, 还要充分考虑应急处置措施。

参考文献:

- [1] 李濛, 徐浩. 海底混输管线设计中软件模型对计算结果的影响[J]. 石油和化工设备, 2019(03):18-22.
- [2] 万宇飞, 刘春雨, 李立婉, 黄岩, 郝铭, 王文光. 考虑海管各覆盖层蓄热的停输温降与输送方案[J]. 石油化工高等学校学报, 2021(01):88-94.
- [3] 李文英, 张宁宁. 大型海底混输管道多相流水合物实验装置设计[J]. 石油化工高等学校学报, 2020(05):92-98.
- [4] 张伟宁. 一种控制长距离外输海管段塞流的方法[J]. 石油和化工设备, 2020(04):100-103,111.