

天然气凝析液输送管线回压影响因素探究

王金强 (山东莱克工程设计有限公司, 山东 东营 257026)

摘要: 新疆某气田产能在 A 分输站进行气液分离, 气相和凝析液通过不同管线分别外输。凝析液管线输送过程中出现实际回压严重超计算回压的问题, 主要原因是凝析液在输送过程中随着压力的降低析出大量气体, 同时管线沿程起伏较大, 形成严重段塞并产生局部气阻现象。本文以上述凝析液输送管线为例, 分析凝析液输送管线实际回压过高的原因, 提出相应的应对措施。

关键词: 凝析液; 析出气; 段塞; 气阻; OLGA

0 引言

气田产能传统输送方式为气液分离, 气相和凝析液通过不同管线分别外输, 从而避免气液混输过程中, 由于段塞、气阻^[1]等引起的回压过高的问题。在气液分离过程较短且分离器带压运行, 凝析液通常为不稳定的液体, 输送过程中会因为压力降低, 轻烃组分逐渐析出, 若管线沿程起伏较大, 易形成段塞并产生气阻现象^[2], 造成凝析液输送管线回压过高、末端系统运行不稳定。

1 系统简介

新疆某气田各阀组产能汇入 A 分输站, A 分输站建有 2 台两相分离器, 进站产能进行气液分离后, 气相经 DN400、PN100 联络线输送至 B 联合站第一列装置, 凝析液经 DN250、PN63 联络线输送至 B 联合站第二列装置。A 分输站 (起点) 高程 993m、B 联合站 (终点) 高程 977m, 管线沿程起伏较大 (-26 ~ +20m), 驼峰约 30 多个, 累计爬坡高度约 123m。

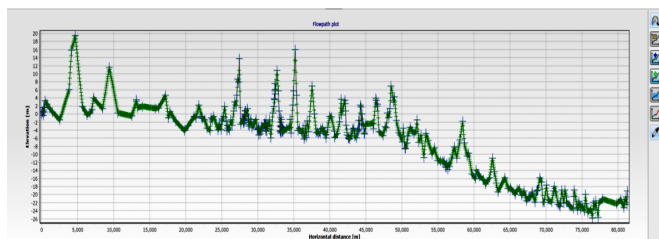


图 1 管线沿途高程示意图

A 分输站外输凝析液物性数据: 原油密度 $0.75 \sim 0.80 \text{ kg/m}^3$, 平均粘度 1.697 cP , 平均值硫含量 0.20% , 凝固点 $-4 \sim -20^\circ\text{C}$, 沥青质 2.97% , 胶质 4.35% ; 含水约 5% ; 输送温度 49°C 。

投产后, 三相分离器压力稳定在 $5.9 \sim 6.05 \text{ MPa}$, 气相管线输送气量 $370 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 气相管线实际回压与计算值较匹配; 液相管线输送凝析液量 $2600 \text{ m}^3/\text{d}$, 液

相管线起点 (A 分输站两相分离液位调节阀后) 实际回压一直在 $5.70 \sim 6.09 \text{ MPa}$ 波动, 远大于设计的计算值 1.73 MPa 。同时在 A 分输站 (起点) 与 B 联合站 (终点) 间设有 C 阀室及压力监测, A 分输站 -C 阀室间液相管线长度约 47 km , 压降约 3.3 MPa , 单公里压降 0.70 bar/km ; C 阀室 -B 联合站间液相管线长度约 35 km , 压降约 1.7 MPa , 单公里压降 0.48 bar/km 。前半段单公里压降明显大于后半段单公里压降。

2 回压校核

2.1 纯液相模型校核

假设 A 分输站外输液相为稳定液相, 在输送过程中, 虽然压力降低, 但不析出气体。管线回压校核计算基础为: 液相输量 $2600 \text{ m}^3/\text{d}$, 气油比为 0。计算结果: 通过 PIPEPHASE 软件对液相管线回压进行校核, 管线终点压力设定 0.7 MPa 时, 管线起点压力 1.73 MPa 。

2.2 稳定气液混输模型校核

经过 Hysys 软件建模校核, 从三相分离器运行压力最高 6.05 MPa 降至终点压力 0.7 MPa , 凝析液会有大量气相析出, 1 m^3 凝析液析出约 60 Nm^3 天然气 (析出比例为 6.5%)。取极端工况, A 分输站三相分离器液相出口液位调节阀后析出所有气体, 管线回压校核计算基础为: 液相输量 $2431 \text{ m}^3/\text{d}$, 气油比为 64。

2.2.1 PIPEPHASE 软件计算结果

通过 PIPEPHASE 软件选对液相管线回压进行校核, 管线终点压力设定 0.7 MPa 时, 管线起点压力 4.58 MPa 。预测平均段塞长度 97.5 m , 最大段塞体积 44.76 m^3 (其中来自段塞的液体 28.44 m^3 , 来自气泡膜中的液体 16.31 m^3)。

2.2.2 OLGA 软件计算结果

以相同的计算基础参数, 通过 OLGA 软件选对液相管线回压进行校核, 管线终点压力设定 0.7 MPa 时, 管线起点压力 3.65 MPa 。预测管线沿程持液率 $0.2 \sim 0.7$,

管线终点段塞长度最长为 100m，平均 25m，最大段塞体积为 11.5m³。

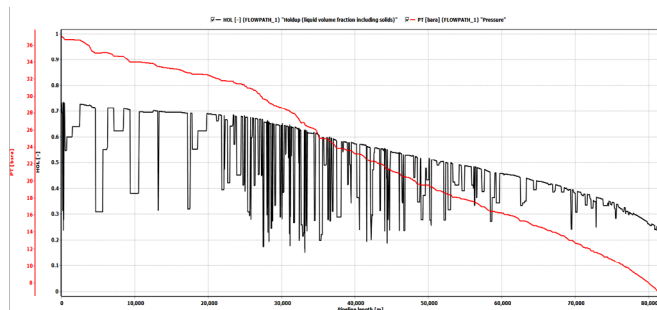


图 2 稳定气油比下管线沿程压降和持液率

2.3 气相不断析出模型校核

OLGA 软件可以通过组分模型，计算凝析油输送过程中，随输送距离不断析出气体的情况以及沿程的压降情况。计算基础：三相分离器运行压力 6.05MPa，终点设定压力 0.7MPa。计算结果：凝析油输送管线起点（已建三相分离器液位调节阀后）液相流量 2584m³/d，气相流量 3638m³/d（折合标况下 9968Nm³/d），回压 2.74MPa；凝析油输送管线终点（B 联合站）液相流量 2419m³/d，气相流量 21664m³/d（折合标况下 151648Nm³/d，即 1m³凝析油析出 58Nm³天然气）。

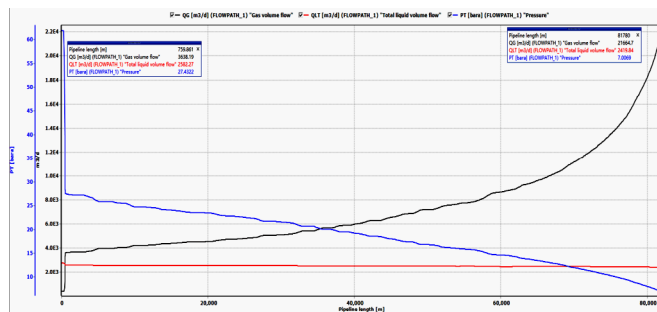


图 3 管线沿程压降、气相（工况）流量和液相流量
管线沿程持液率（0.25~0.75）。

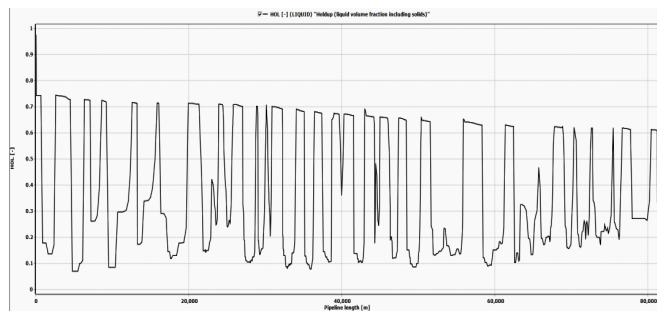


图 4 管线沿程持液量

从计算结果得出：管线起点（已建三相分离器液位调节阀后）压力最大为 2.8MPa，远小于现场实际的 5.70~6.09MPa。

经过初步分析，由于凝析液在输送过程中不断有气体析出，加之管线沿程起伏较大形成段塞和气阻，造成了凝析液输送管线实际回压远超预计值。气阻的形成和含气凝析液流态的变化有着显著的相关性，气体析出并形成气阻受管线形状影响很大，但含气凝析液输送过程中，液相中的气泡受力复杂，在流场中频繁发生着气泡的运动、破裂和聚并，不能以单独气泡的运动来描述，因此，目前的软件无法较好的对气阻引起的回压增量进行计算。

3 气阻因素探究

由于选取的凝析液管线输送距离较长 81km，驼峰数量较多 30 多处，不能较好的计算单个驼峰处由气阻引起的压力增加量。因此，本次调整管线长度和驼峰数量，对天然气凝析液输送管线回压影响因素进行探究。

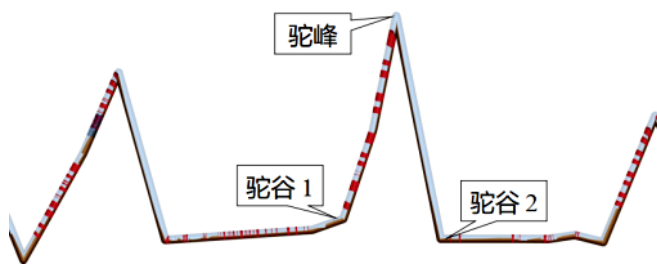


图 5 弯段驼峰气阻

3.1 管线沿程起伏对回压的影响

计算基础：凝析液输送量 2600m³/d，气油比 20，管线长度 2km，管线终点压力为 0.7MPa。管线在 0~4 个起伏（19m）条件下，管线回压情况统计如下：

表 1 不同起伏条件下管线回压校核

起伏数量(个)	起点最小压力(bar)	起点最大压力(bar)	起点平均压力(bar)	终点压力(bar)	平均压降(bar)	与前一工况对比
0	7.2	7.5	7.47	7	0.47	-
1	7.4	8.8	8.15	7	1.15	+0.68
2	7.3	9.8	8.60	7	1.60	+0.45

3	7.9	10.5	9.30	7	2.30	+0.70
4	8.5	11.3	10.0	7	3.00	+0.70

结论：

管线驼峰处由于段塞的存在，同时驼峰前端上坡段持液率较高、驼峰后端下坡段持液率较低，驼谷 1 处压力明显高压驼谷 2 处压力，这种压力差一方面是驼谷 1- 驼谷 2 间管线流体摩阻引起的，另一方面是驼谷 1- 驼峰间凝析液静压差引起的。因此，由于驼峰和段塞的存在及累加，管线起点的实际压力要远高于计算压力。

3.2 气油比对回压的影响

计算基础：输送液量 2600m³/d，管线共设置 4 个起伏进行探究，管线长度 2km，管线终点压力为 0.7MPa。气油比不断调整，管线回压情况统计如下：

表 2 不同气油比条件下管线回压校核

气油比	起点最小压力 (bar)	起点最大压力 (bar)	起点平均压力 (bar)	终点压力 (bar)	平均压降 (bar)	与前一工况对比
0	7.4	7.4	7.4	7	0.4	-
5	7.6	10.4	10.4	7	3.4	+3.0
8	7.8	12.3	10.5	7	3.5	+0.1
10	8.5	12.6	10.5	7	3.5	0.0
20	8.5	11.3	10.0	7	3.0	-0.5
30	8.4	10.8	9.5	7	2.5	-0.5
40	8.1	10.4	9.4	7	2.4	-0.1
50	8.5	10.2	9.4	7	2.4	0.0

60	8.5	10.6	9.4	7	2.4	0.0
----	-----	------	-----	---	-----	-----

结论：

在输送液量一定的条件下，随着输送气量（气油比）的增多，管线的回压会先增大再减小。在此过程中，随着气油比从 0~8，段塞产生，驼峰前、后持液量相差变大，管线起点压力增大；随着气油比不断增大，输送气量变大，驼峰前后持液量差距变小并趋于稳定，驼谷 1- 驼峰间静压差减小，管线起点压力变小并趋于稳定。

4 应对措施

通过对 A 分输站进行改造，两相分离器液相出口凝析液进入新建 1 台两相分离器（设定压力 0.5MPa）进行气液分离，气相通过压缩机增压增压至气相外输管线，液相通过离心泵增压至液相外输管线。凝析液输送管线实际外输回压为 2.0MPa，与计算值基本吻合。

5 经验总结

①凝析液输送管线在路由设计时，需尽量减少管线沿程起伏（即驼峰）数量，若无法避免，需单独校核管线沿程段塞情况、驼峰引起的管线回压增加情况，对计算回压进行修正，合理的选择管径和管线的设计压力；

②尽量降低管线起点三相分离器运行压力，从而降低凝析液输送管道的气体析出量，避免段塞和气阻的产生；

③可以通过在起点注入天然气，增大起点气油比，减小驼峰前后管段的持液量差值，以减轻驼峰气阻的危害，降低管线起点压力；

④若无法通过以上措施降低外输回压，可已通过分离器对凝析液进行降压、脱除溶解气，对脱除溶解气后的凝析液增压外输。

参考文献：

[1] 俞韵祺, 万五一, 潘锦豪. 海底输水管道中气阻及水击问题研究进展 [J]. 水利水电科技进展, 2015(35):114.

[2] 王荧光. 苏里格气田集输管线清管过程瞬态模拟 [J]. 天然气工业, 2009, 29(11):94-99.

[3] 刘超, 马帅. 液体管道投产阶段气阻形成原因分析及对策 [J]. 2017, 43(6):70-72.

[4] 张小红, 杨亚洲, 张国胜, 欧衡, 林若鹏. 凝析油集输管线气阻现象形成原因及优化对策 [J]. 化工管理, 2021(15):185-186.