

长输管线线路接收工程方案计算简析

周浩 马娜 王世刚 (中国石油天然气管道工程有限公司, 陕西 西安 710016)

摘要: 天然气既是重要的优质能源, 也是重要的化工原料。天然气配套管网的建设, 有利于区域性生产的成品气外供至周边总环网内, 满足市场主体对于天然气需求的增长, 同时还可以获得较好的经济效益。

关键词: 天然气; 长输管道; 工程建设

西部某油田规划 2027 年将达到 63 亿方/年产能, 天然气产能建设开发迫在眉睫, 为尽早发挥产能效益, 亟需修建配套外输管道以实现向目标市场供气。

工程的建设符合国家《天然气利用政策》, 符合地方燃气发展规划的要求。可缓解区域天然气供应的短缺局面, 保障下游企业及居民的用气需求, 促进天然气利用的快速发展, 提高天然气在一次能源中的比重, 加速当地能源结构调整, 降低环境污染, 促进我国天然气工业的发展, 带动地方经济水平, 并在一定程度上解决环境污染问题。

1 工艺特点

①严格执行国家、行业现行的有关标准、规程和规范; ②以资源为基础、市场为导向, 处理好供给与利用之间的关系; ③采取有效措施提高管道系统的可靠性, 确保输气管道长期连续、平稳安全; ④采用国内外可靠、成熟、适用的技术、设备和材料, 在确保实现输气功能和安全的前提下, 尽量降低工程投资; ⑤采用先进、成熟、可靠的输气工艺, 确保向用户安全平稳供气; ⑥统筹考虑, 将工程建设远、近期相结合, 合理布局, 系统优化; ⑦在满足生产和工艺要求的前提下, 减少运行成本, 以尽量少的投资力争效益最大化; ⑧尽量减少动火点; 采用合理的改造方案, 以减少改造过程中所造成的停气损失和放空损失; ⑨重视管道沿线所经地区的生态环境保护; ⑩设计全过程贯彻“安全第一、环保优先、以人为本、经济实用”的设计理念。

2 技术方案论证

2.1 基础数据

①气质组分和物性。本工程气源为净化厂外输气, 工艺计算采用净化厂外输净化天然气组分, 具体组分见表 1 所示。依据《输气管道工程设计规范》(GB50251-2015), 管输天然气气质标准应满足《天然气》(GB17820-2018) 中 I 类要求, 进入输气管道的气体水露点应比输送条件下最低环境温度低 5℃; 烃露点应低于最低环

境温度; 气体中硫化氢含量不应大于 6mg/m³ 等。本工程天然气气质符合《天然气》(GB17820-2018) 标准中 I 类气质要求; ②气源进气压力、温度。依据前期确定的可行性分析报告, 本工程自净化厂天然气外输管道工程 ZCC1 末站接气, 接气压力为 3.4~7.4MPa, 接气温度为 35~45℃; ③管道长度。本工程起于油田公司拟建的 ZCC1 末站, 止于迁改至新建首站内的 XL 线。线路长度 200m; ④注入点需求压力。本工程注入阀室附近管线, 依据节点运行数据统计表(表 2), 注入压力范围确定为 3.4~7.4MPa。

2.2 输气工艺核算

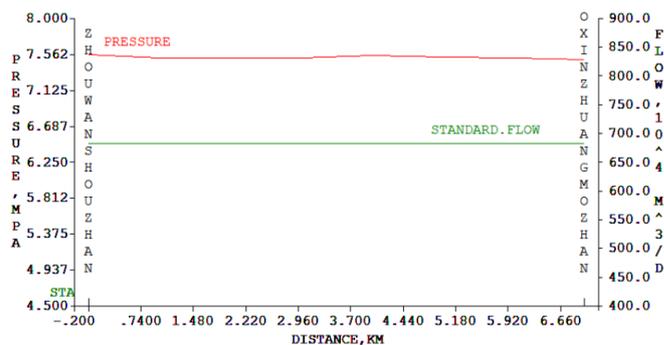


图 1 注入压力 7.5MPa 最大日输量工况管道沿线压力、流量曲线

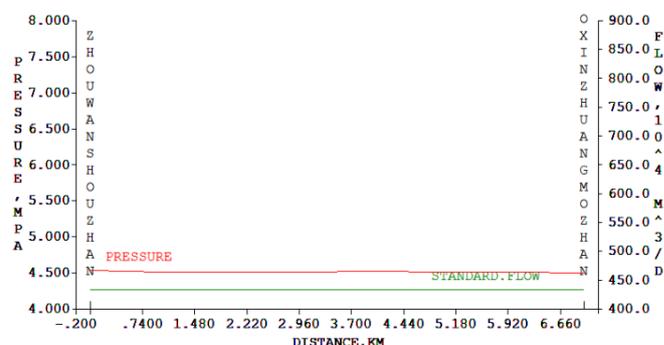


图 2 注入压力 3.5MPa 最小日输量工况管道沿线压力、流量曲线

工艺方案计算采用SPS软件(Stoner Pipeliner Simulator)。该软件是受到国际管道运营商广泛认可的天然气长输管道计算软件,可根据不同的约束条件和边界条件,计算长输管道的水力、热力参数。

①最大日输量工况。最大日输量工况,考虑注入下游主网压力为7.5MPa时(冬季地温),各站运行参数见表3,管道沿线压力、流量曲线见图1;②最小日输量工况。最小日输量工况,考虑注入已建总线压力为3.5MPa时(夏季地温),各站运行参数见表4,管道沿线压力、流量曲线见图2。

3 线路工程

3.1 线路走向方案选择原则

严格遵守国家法律、法规,执行国家和行业的相关设计规范和标准,贯彻“安全第一、环保优先、以人为本、经济适用”的原则,确保管道长期安全可靠运行。

根据《输气管道工程设计规范》(GB50251-2015),并结合本工程输气管道所经过的地形、地貌、工程地质条件、交通以及沿线地理等方面具体情况,确定本工程在线路走向方案选择中应遵循的原则如下:①管道线路走向应根据沿线地形、地物、工程地质条件、社会依托条件以及管道路由的报批情况,经综合分析比较后确定线路总体走向;②根据管道服役年限,考虑管道拟通过地区今后可能的发展变化,合理确定线路地区等级;③线路力求顺直,缩短线路长度,尽量减少与天然和人工障碍物交叉,节省钢材和投资,减少外协协调工作量和费用;④管道路由应尽量沿现有地方道路敷设,以便于运输、施工和维护管理;⑤管道路由应结合大比例尺遥感影像及现场踏勘调研进行优化调整;⑥管道路由应与沿线城市规划、国土、环保等规划相结合,与现有建筑、交通、电力、通信设施保持规定距离;⑦管线尽量避开地质灾害严重地段,如滑坡体、崩塌、泥石流、沉陷等不良工程地质区;尽量避开矿产资源区、地震高烈度区和大型活动断裂带;避开强腐蚀性地段;⑧线路应尽量避免多年生经济作物区域和重要的农田基础设施;尽量减少对自然环境的破坏,减少基本农田、林区通过长度,防止水土流失,注重自然环境和生态条件的恢复,保护沿线人文景观,使工程建设与自然环境相协调。

3.2 线路敷设原则

本工程新建约18.5km管道,管径914mm,设计压力8MPa,起于ZCC1末站,止于迁改至新建首站内

的外输线,设计规模为 $29.0 \times 10^8 \text{Nm}^3/\text{a}$ 。管道沿线地貌主要为丘陵;管道沿线可依托道路有村村通硬化道路,交通依托条件较好,设备进场较为方便。

综合分析本管线特点及所经地区的地理环境和气候特征,本工程全线采用埋地敷设。管道的埋设深度根据《输气管道工程设计规范》(GB 50251-2015),结合管道所经地区冻土深度、介质的输送温度和耕地等情况确定管道埋深。根据本工程的地形地貌全线大部分地段采用沟埋敷设为主,局部特殊穿越地段采用顶管等非开挖方式敷设。管沟尺寸应符合《输气管道工程设计规范》(GB 50251-2015)及《油气长输管道工程施工及验收规范》(GB50369-2014)的要求。管沟内全线设置管道警示带(非开挖穿越段除外),警示带用于警示下方敷设有管道,其敷设位置宜在管道上方0.5m处的同一管沟内。

3.3 线路走向方案

本工程管道起自首站,在新建无人站内经过计量后接入已建外输总线,管道沿山脊敷设,管线迁改长度约18.5m,管径D914mm,设计压力8MPa。本工程线地形为丘陵,地表以林地为主,全线为二级地区,直管段和热煨弯管采用直缝埋弧焊钢管,钢级L485M,壁厚16mm。线路埋地管道采用常温型加强级3LPE防腐层。

4 工程安全防护与监测

4.1 一般要求

①管道系统应按照发生第三方损坏的可能性与后果进行风险分级,并设置相应级别的防护措施:一级风险部位采取一级防护,二级风险部位采取二级防护,三级风险部位采取三级防护。国家或省级人民政府有具体要求的,可进行升级管理;②应坚持人防、物防、技防相结合的原则对管道系统进行安全防护;③新建管道应在设计阶段按照相关要求设置安全防护设施,与管道主体工程同时设计,同时施工,同时投产。

4.2 评价单元划分

本工程干线及支线对管道系统划分评价单元均遵循如下原则:①相邻的站场(阀室)之间的管道应作为单独的评价单元;②站场、油库、储气库、阀室等应作为单独的评价单元;③管道线路上的隧道穿越应作为单独的评价单元;④管道线路上的穿跨越段可作为单独的评价单元。

4.3 失效可能性

①失效可能性影响因素。a 第三方施工损坏; b 打

孔盗气；c 其他损坏管道及附属设施的行为；②失效可能性等级。a 几乎不可能；b 极小可能；c 偶发区；d 易发区；e 高发区。

4.4 失效可能性等级的判别

见表 5。

4.5 失效后果

①失效后果。a 人员死亡；b 财产损失；c 环境污染；d 影响停输；②失效后果等级。a 特别重大；b 重大；c 较大；d 一般；e 轻微或无影响。

4.6 风险等级划分

①风险等级级别分类。a 一级风险（红色）；b 二级风险（黄色）；c 三级风险（绿色）；②风险等级判别。根据上述的评价单元及评价标准，结合管道沿线的实际情况，得知：管道停输影响存在，遭受破坏停输后，需要一定时间恢复；该地区虽沿线的工程建设

较少，第三方施工破坏影响依然存在，设计已充分考虑该因素，增加管道标识等措施；管道沿线已按二级地区设计强度系数考虑。工程本身的风险由设计、施工、管理等能够做到有效控制，外部风险因素主要来源于第三方破坏，而第三方破坏的失效可能性等级为三级偶发区，失效后果等级为四级；其他损伤管道及附属设施行为的失效可能性等级为二级极小可能，失效后果等级为四级。

参考文献：

- [1] 张俊华. 油气管网改革对我国油气行业的影响分析及建议 [J]. 当代石油化工, 2023, 20(2): 1-3.
- [2] 周柳玲, 梁光川, 等. 通用性星树状油气管网布局优化模型研究 [J]. 西南石油大学学报, 2021, 31(2): 14-17.

表 1 天然气的组分

组分	C ₁	C ₂	C ₃	IC ₄	NC ₄	C ₅ ⁺	CO ₂	N ₂	H ₂ S
Mol%	94.03	0.721	0.03	0.01	0.008	0.435	1.62	1.38	/

表 2 部分节点运行数据统计

运行数据 节点名称	2019 年 -2023 年					
	最低运行压力 (MPa)	相应流量 (万方/d)	相应温度 (°C)	最高运行压力 (MPa)	相应流量 (万方/d)	相应温度 (°C)
压气站	3.53	586	15	7.55	1180	23
阀室	3.51	586	15	7.51	1180	22
分输站	3.55	583	13	7.41	1390	25

表 3 注入压力 7.5MPa 最大日输量工况各站场运行参数

站场名称	进站压力 (MPa)	出站压力 (MPa)	进站温度 (°C)	出站温度 (°C)	进站流量 (10 ⁴ Nm ³ /d)	出站流量 (10 ⁴ Nm ³ /d)	分输流量 (10 ⁴ Nm ³ /d)
净化厂已建输气首站	-	7.56	-	50	-	682.8	0
ZCC1 末站	7.50	7.50	40.6	40.6	682.8	682.8	0
新建首站	7.50	-	40.6	-	682.8	-	-

表 4 注入压力 3.5MPa 最小日输量工况各站场运行参数

站场名称	进站压力 (MPa)	出站压力 (MPa)	进站温度 (°C)	出站温度 (°C)	进站流量 (10 ⁴ Nm ³ /d)	出站流量 (10 ⁴ Nm ³ /d)	分输流量 (10 ⁴ Nm ³ /d)
净化厂已建输气首站	-	4.50	-	40	-	433.44	0
ZCC1 末站	4.46	3.5	32.5	28	433.44	433.44	0
新建首站	3.5	-	28	-	433.44	-	-

表 5 失效可能性等级划分标准

失效可能性等级	因素			
	第三方施工损坏	打孔盗气	恐怖袭击活动	其他损伤管道及附属设施的行为
1	几乎不可能	几乎不可能	几乎不可能	几乎不可能
2	极小可能	极小可能	极小可能	极小可能
3	偶发区	偶发区	偶发区	偶发区
4	易发区	易发区	易发区	易发区
5	高发区	高发区	高发区	高发区

注：多种因素同时存在时，按其中等级高者取值。