

成品油管道工艺设计分析

刘娟¹ 聂磊² 孟凡超¹

(1. 济宁市化工设计院有限责任公司, 山东 济宁 272400;

2. 山东祺添新材料有限公司, 山东 济宁 272400)

摘要: 为提高成品油的输送效率, 降低管道工程施工运维成本, 在正式开展成品油管道施工前, 结合成品油输运工作需求, 开展管道工艺设计分析, 成为一项极为必要的任务。基于此, 本文先以管道建设维护所产生的费用为函数目标, 通过分析管道输运强度、钢管材料及其稳定性、雷诺系数等参数, 描述管道工艺设计函数约束条件, 计算管道最优分流量及其管径取值范围。然后, 简述提高成品油管道工艺设计质量的方法。最终得出结论, 按照最优循环周期, 开展成品油管道工艺优化, 不仅可以得到成品油管道运输最短途径, 还能降低成品油输运管理成本。希望通过本文的研究, 能够给石化企业的发展带来启发。

关键词: 成品油; 管道工艺; 目标函数

0 引言

受成品油管道工艺较为复杂、运维管理难度偏高等因素的影响, 成品油管道工艺实际应用效果, 难以满足人们的需要。为解决上述问题, 在当前成品油输运工作开展前, 开展管道工艺设计, 对管道直径、材质、覆盖范围、输运路线等因素加以优化, 可以在降低成品油输运损耗量的同时, 实现对管道输运工作经济成本的有效管控, 从而为成品油销售效益增长提供支持。

1 成品油管道工艺设计要点

考虑到在当前的成品油管道建设过程中, 管道的直径、覆盖范围、中转泵数量、中转泵在管道中的位置、成品油输送路线等因素都会对成品油输运工作的质量产生影响。因此, 为减少成品油输运过程中产生的损耗量, 提高管道工艺的整体价值。石化企业方面可以结合成品油输运工作的特点与需求, 构建模型体系, 并对其加以优化, 以便降低输运管道使用过程中出现问题的概率。

1.1 建立管道运输的目标函数

1.1.1 目标函数

为保证成品油管道体系能够满足当前产品的输运需求, 石化企业在正式开展管道施工活动前需建立管道运输目标函数, 并结合函数的约束条件描述成品油的运输过程。考虑到当前石化企业开展成品油管道工艺设计活动的主要目的在于降低管道工程的施工难度, 减少成品油的输运成本。因此, 在建立管道运输目标函数时, 可以用 F 表示产品输运过程中的总成本,

其中包括管道安全使用生命周期内建设、维护成本的总和。为降低函数的计算难度, 在分析 F 时, 可以将所有支出按照基准现金率进行折算, 并通过在函数分析过程中仅考虑与管道工艺相关费用的方式, 实现函数计算过程的简化。在本次函数体系构建工作中, F 主要由管道运输、线路中转泵站、成品油储藏罐、混油分装处理等工作所产生的费用共同组成, 对应的目标函数可表示为: $\min F(x) = \sum_{i=1}^m \frac{P_i}{A_i V_i} y_i$, 其中, m 指的是输送成品油的管道长度; P 指的是现金系数; A 指的是基准现金率; i' 指的是泵站的数量; y 指的是管道体系建设维修所产生的费用。 $\min F(x)$ 指的是成品油运输过程中, 总成本的最小值^[1]。

1.1.2 约束条件

在确定目标函数表达式后, 可以利用管道工艺的约束条件对其加以描述, 具体来说, 参照 GB50253—2014 的要求, 可以了解到。管道强度可作为管道工艺函数的约束条件。即在建设管道泵站以及控制管道出口压力时, 应保证相关参数均能达到 $x_{pi} \leq 1.4 \delta_i \sigma_s / x_i$ 所示的强度要求。其中, x_{pi} 指的是管道输运成品油时的强度要求; σ_s 表示管道的屈服强度; d_i 指的是管道体系中不同管道段的强度; x_i 指的是约束条件之一。在确定成品油管道工艺函数的约束条件后, 可以对管道体系中的管材稳定性加以分析, 降低成品油运输工作中, 管道受外部压力而出现屈曲现象。通过分析可以了解到成品油管道外径与壁厚的比值应不大于 140。同时, 考虑到某成品油管道工艺应用过程中选用的管

道材料为钢材,因此,为保证钢制管道能够满足成品油运输的需要,在选择管材时应保证管材均达到了API标准。

此外,为避免成品油运输过程中,不同品类的成品油受涌出量有所提高的影响,而出现相互混合的情况,在构建成品油管道工艺函数时,需要使用雷诺数对其加以约束^[2]。

1.2 管道体系取值情况的计算

近年来,随着化工业的不断发展,我国成品油的年消耗量不断增长,成品油管道体系运输的油品出现了品类多、输液量大、输送计划多元化等特点。为满足市场对成品油的需求,在开展成品油管道工艺设计工作时,工作人员应结合管道的运输能力,开展管道分输流量计算优化工作。

具体来说,若管道体系中,各成品油分输点的具体成品油运输方式均为集中输运,那么在计算成品油的输送量时,需要明确分输站点的具体输送流量,分析不同管道输油量的变化范围。一般情况下,成品油管道最高分输量应小于管道最低工艺要求,且相邻成品油输送管段的产品输送流量变化值应小于30%。

参照上述分析依据可以得出管道体系在构建过程中的最大流量与最小流量,具体表达式为:

$$\begin{cases} Q_{\max,i} = \max(Q_{d,i} + r_i) \\ Q_{\min,i} = \min(Q_{d,i} + r_i) \end{cases}$$
 其中, $Q_{\max,i}$ 指的是当成品油在第 i 个管道输运时,所有约束条件支持下的最高分输流量; $Q_{\min,i}$ 指的是当成品油在第 i 个管道输运时,所有约束条件支持下的最低分输流量。 r_i 指的是成品油在第 i 个管道输运时的具体流量。

在完成管道最优分数流量计算工作后,可以参照公式: $\frac{4Q_{\max,i}}{\pi d_{\max,i}^3 V} > 10^4 \exp(0.5)$, 划分管径的最佳取值范围。其中, d 指的是成品油管道的管径; V 指的是成品油在管道内的流速。参照 GB50253—2014 的要求,开展管径计算工作,可以得到管径的取值范围。在实际的成品油管道建设活动中,参照管道运输的目标函数与管道最佳取值范围,开展管道工艺设计工作,可以实现成品油输运全过程的有效优化升级。

1.3 成品油管道最短路径设计

在完成成品油管道基础参数设计工作后,可以按照最优循环输送周期设定成品油的输运顺序。为提高输运顺序设计工作的可行性,在设计工作中,可以以完成的输运路线设计工作为基础,优化不同路线中的站点、中转泵中新增储罐容量等参数。同时,在设计输运成品油管道起点与终点之间最小权值的工艺方案

时,可以得到 n 条成品油输运方案,为获得最优方案,可以在计算不同方案输运成品油过程中经过的中转站点、中转泵数量后,得到最短路径。

在此过程中,为降低成品油在管道输运过程中产生的损耗,可以在明确不同中转泵扬程损失量后,计算各输油管段中的成品油损失量范围,然后通过控制成品油管段流量的方式,获得最优的管道工艺设计方案。

2 成品油管道工艺设计实例

为了解上述管道体系优化方法在成品油管道工艺设计工作中的具体应用价值,以 A 石化公司的下属分公司管理的某 1587km 的成品油管道设计工作为例,开展了成品油管道工艺优化设计工作。在实际的成品油输运过程中,该段管道主要被用于输送 0# 柴油、95# 与 92# 汽油。

同时,为满足成品油连续化的分输需求,在明确该管道输运的油品参数、输运站点的基础参数后,结合本文分析得到的目标函数与约束条件,可以得到该段成品油管道的最优参数分别为:成品油输运最优流量为 $810\text{m}^3/\text{s}$ 、成品油输运管道的最大管径为 560mm、最小管径为 356mm。

在确定成品油管道输运参数后,可以开展中转泵候选点的设计优化工作。在本次设计工作中,该石化公司共设置了九个中转点与七个泵站,将本文设计得到的工艺方案与企业现阶段使用的工艺方案加以比较,可以得到如图 1 所示的方案比较示意图。

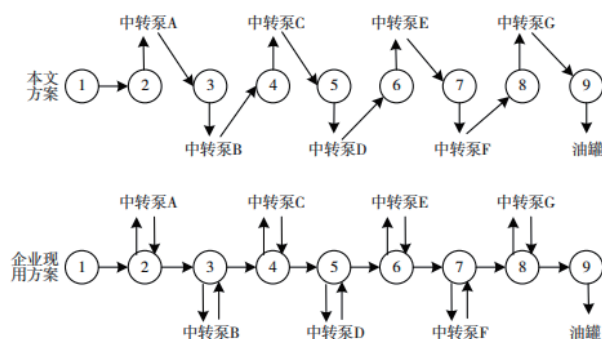


图 1 成品油管道输运方案比较

对两种方案加以分析可以发现,在忽略外界影响因素造成的成品油损耗的背景下,对比两种输运方案在运输 0# 柴油、95# 与 92# 汽油的过程中,产生的输运成本有所差别。具体来说,本方案在应用过程中选择的管材为 X60,这种材料的价格为 5450 元;该企业现用方案选材为 Y80,这种材料的施工价格为 6250 元。假设管道最大的设计压力为 12 兆帕,首站运输电费

为 0.58 元每千瓦时, 其余中转站的电费为 0.5 元每千瓦时, 管道的安装费用为 1850 元每吨, 管路施工过程中土方支出费用为 58 元每立方米, 管道外层防腐材料的费用为 105 元每立方米, 施工过程中其他投资费用为 1000 万元, 管路的维修费用为两千元每次。

将管路建设费用加以累计, 可以计算出管道输送成品油的单次费用, 具体费用情况如图 2 所示。从图中可以看出, 由于本文所应用的管道工艺对成品油的运输参数, 管道选材等内容进行了优化处理, 因此在实际的产品运输过程中, 成品油管路的起步成本相较于该企业使用的管道工艺成本更低。并且由于本文所应用的管路工艺开展了最短路径计算工作, 因此成品油运输过程中的管道长度有所缩减, 减少了中转泵对成品油进行扬程处理的次数, 这在一定程度上降低了成品油在运输过程中的损耗量, 减少了石化企业成品油运输过程中产生的成本^[3]。

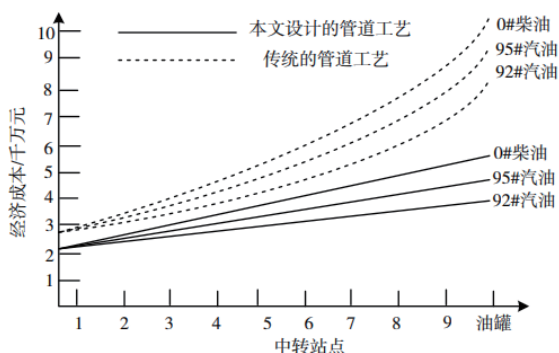


图 2 不同成品油管道的产品运输费用

3 提高管道工艺设计质量的方法

通过分析可以了解到, 本文设计优化得到的成品有关的工艺设计方案, 相较于该石化企业现行的管道运输工艺, 创造了更高的收益。但需要注意的是, 会对成品油管道输运工艺安全产生威胁的因素相对较多, 现阶段为提高成品油输运工作的可靠性, 石化企业可以结合成品油管道的具体运转状况, 构建完善的信息化技术管理系统, 并构建成品油输运过程监控系统, 加强成品油收运全过程的有效管理。

3.1 构建信息化技术管理系统

为降低管道工艺设计工作的难度, 石化企业可以结合自身的实际情况建设信息化管道工艺设计模拟系统, 并通过不断完善系统功能的方式, 提高设计方案的可行性。具体来说, 在构建成品油管道工艺模型的过程中, 工作人员可以借助运行模块将现有的成品油管道参数录入到系统当中, 在后续管道工艺设计优化

工作阶段, 工作人员可以参照各参数的录入时间点, 开展参数对比工作, 切实提高成品油管道设计工作的便捷性与及时性。

同时, 工作人员在分析录入的数据时, 可以通过在运行数据页面对应数据栏上方, 标注上一时段数据情况的方式, 降低数据对比工作的难度, 保证工作人员可以在短时间内发现并解决问题。

此外, 为保证成品油管道设计工作的安全性, 工作人员在构建信息化管理体系时, 可以将通信系统、泄露系统、SCADA 系统加以整合, 并在整合功能模块上添加智能上传、大数据分析等功能, 确保该系统在满足正常数据分析工作要求的基础上, 降低数据泄露问题出现的可能性^[4]。

3.2 构建成品油输运过程监控系统

当前会对成品油输运管道运转状态产生干扰的因素有很多, 并且一旦成品油管道在干扰因素的影响下出现了问题, 那么在影响成品油正常输运的同时, 还会给管道周边的环境、人员安全造成严重的威胁。现阶段, 为实现成品油管道输运工作安全风险的有效管控, 石化企业可以借助传感器、监控等设备, 构建完善的成品油全过程监控管理平台, 通过对成品油管道进行全过程管理的方式, 实现管道剩余寿命的准确预测、安全风险的及时预估, 便于工作人员及时开展管道运维管理工作, 保障成品油管道能够安全平稳运行。

4 结论

总而言之, 当前我国成品油的主要运输方式为长管道运输, 这类运输方式有着运输成本低、可输入成品油种类多、输运量大等优点, 受到了当前石化企业的广泛欢迎。为保证管道输运工作的价值能够得到充分发挥, 石化企业在构建成品油管道体系时, 需提高自身对于管道工艺设计工作的关注度, 并通过不断优化管道工艺体系的方式, 为自身运营效益的稳步增长打下坚持的基础。

参考文献:

- [1] 张小媚, 夏艳波, 刘竞. 成品油管道分输航煤质量控制浅析 [J]. 中国储运, 2023(03):115-116.
- [2] 石美云. 成品油管道工艺设计方案研究 [J]. 化工设计通讯, 2022, 48(03):28-31.
- [3] 辛胜超. 成品油管道水力系统设计及运行优化研究 [D]. 北京: 中国石油大学, 2020.
- [4] 孙佃举. 成品油管道防水击保护措施研究 [J]. 化工管理, 2019(02):60-61.