

中银原油管道改成品油管道混油量的研究

任瑾云¹, 曾宇平², 贾旭², 王绪文^{1*}

(1. 中国石油天然气管道工程有限公司天津滨海分公司, 天津 300457;

2. 中国石油天然气管道局, 河北 廊坊 065000)

摘要: 阐述了中银原油管道基本概况, 根据成品油输量、不同油品顺序输送形成混油的机理及混油浓度的分布规律, 并通过实际运行情况, 提出增加管道输量、提高管内油品流速减少混油的措施。

关键词: 成品油管道; 顺序输送; 混油量; 影响因素

中图分类号: TE832

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2016)05-0196-03

DOI: 10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2016.05.050

Study on the mixture oil of the Zhong Yin crude oil pipeline modify the product pipeline

REN Jin-yun¹, ZENG Yu-ping², JIA Xu², WANG Xu-wen^{1*}

(1. China Petroleum Pipeline Bureau Tianjin Design Institute, Tianjin 300457, China;

2. CNPC China Petroleum Pipeline Bureau, Langfang 065000, China)

Abstract: Expounding the general situation of Zhong Yin crude oil pipeline, baseing on the product outputting, formation mechanism of mixture oil, mixture oil concentration distribution and condition of actual operation, raising the measures of reducing mixture oil by increasing product outputting and reducing the oil flow velocity in the pipeline.

Key words: product transportation pipeline; batch transportation; mixture oil; influence factors

中银输油管道于2000年建成, 管线规格为 $\Phi 273.1 \times 7.1$ mm、全长约114 km, 设计最大输量为 120×10^4 t/a。全线设石空首站1座、大坝中间热泵站1座、银川末站1座、线路截断阀室2座及阴极保护站3座。2005年将原2[#]阀室扩建为热泵站后, 输量达到 150×10^4 t/a, 现中银原油管道处于停用状态, 本次主要针对中银原油管道改成品油管道混油量进行研究。

1 成品油设计输量

改造后的原油管道主要输送97[#]汽油、93[#]汽油和0[#]柴油、-10[#]柴油、-20[#]柴油, 共5种油品。管道输送油品逐年输量预测见表1。

表1 管道逐年输量预测 10^4 t/a

| 油品 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 汽油 | | | | | | |
| 93 [#] 汽油 | 6.07 | 6.83 | 7.60 | 8.52 | 9.40 | 10.25 |
| 97 [#] 汽油 | 0.82 | 0.93 | 1.03 | 1.16 | 1.28 | 1.39 |
| 小计 | 6.89 | 7.76 | 8.63 | 9.68 | 10.68 | 11.64 |
| 柴油 | | | | | | |
| 0 [#] 柴油 | 23.25 | 23.71 | 24.17 | 24.83 | 25.84 | 27.30 |
| -10 [#] 柴油 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| -20 [#] 柴油 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| 小计 | 24.75 | 25.21 | 25.67 | 26.33 | 27.34 | 28.80 |

汽/柴油

| | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 其他 | 8.8 | 8.8 | 8.8 | 8.8 | 8.8 | 8.8 |
| 合计 | 40.44 | 41.77 | 43.10 | 44.81 | 46.82 | 49.24 |

从表1中可知, 管道2020年最大输量为 49.24×10^4 t/a, 改造后管道设计输量为 50×10^4 t/a。

2 油品的排列顺序

顺序输送中油品的排列顺序是减少混油损失的关键因素之一, 相邻排列的2种油品的物理化学性质相差越大, 混油量越大, 处理的费用越高。故应尽可能将密度相近、产生的混油易于处理的油品相邻排列。输送成品油的排序一般是: 优质汽油—普通汽油—航空燃料—柴油—轻燃料油—柴油—航空燃料—普通汽油—优质汽油。

本次研究依据以上原则确定成品油排序: 97[#]汽油—93[#]汽油—-10[#]柴油—-20[#]柴油—0[#]柴油。

3 混油形成机理及混油量计算

管道顺序输送^[1]过程中除了初始混油、过站混油、停输混油、意外混油外, 正常输送的条件下, 沿程混油是最主要的。沿程混油的产生是基于2个基本的机理: 对流传递和扩散传递。

收稿日期: 2016-03-17

作者简介: 任瑾云(1971-), 女, 本科, 高级工程师, 从事油气储运工程设计工作; 王绪文(1985-), 男, 硕士, 工程师, 从事油气储运工程设计工作, 通讯联系人, 022-60901635, 547751231@qq.com。

(1) 对流传递

在层流或者湍流强度不大的流动情况下,管道横截面上油流流速分布不均匀造成的对流传递是沿程混油的主要原因,它完全依靠分子扩散。有时这种情况下的混油量之大得惊人,可能达到管道总容积的若干倍。故一般情况下不允许在层流状态下进行输送,且要求在较高流速下运行。

在湍流时,管道截面上的流速接近平均流速,没有抛物型流速断面,对流传递不显著,仅在层流底层由于局部流速不均匀而存在,扩散传递过程成为影响混油形成的主要原因。湍流中的涡流扩散引起一个附加的扩散,在径向上,该附加扩散比分子扩散大很多,大大加强了径向分子扩散的作用,使得湍流时的混油大大少于层流。

(2) 扩散传递

被输送的介质是能互相溶解的2种石油产品,则在管内2种油品的接触界面处,由分子的互相扩散和液体质点的湍流脉动会使接触界面处形成一段混油。

4 混油量计算

到目前为止国内外研究人员对顺序输送过程中混油量的计算进行了大量的研究,根据不同的经验和理论也得到了一些混油量的计算公式,但由于在实际的顺序输送过程中影响混油量大小的因素非常多,所以大部分的混油量计算公式都有很大的局限性,到目前为止还没有与实际产生的混油量完全相符的混油计算公式^[2]。目前国内外广泛采用的是奥斯汀-柏尔弗莱经验公式,该公式是奥斯汀和柏

尔弗莱于1960年根据大量的顺序输送管道试验和生产数据归纳出的顺序输送混油计算经验公式,该经验公式认为混油段的长度为后行油品的浓度为1%~99%的两个油品界面间的距离且没有考虑油品输送次序对混油量大小的影响^[3]。

目前国内外广泛采用的是奥斯汀-柏尔弗莱经验公式:

$$\lg \lg(\nu \times 10^6 + 0.89) = 0.5 \lg \lg(\nu_A \times 10^6 + 0.89) + 0.5 \lg \lg(\nu_B \times 10^6 + 0.89) \quad (1)$$

$$Re = 4q_v / \pi d \nu \quad (2)$$

$$Re_{ij} = 10\,000 e^{2.72d^{0.5}} \quad (3)$$

$Re > Re_{ij}$ 时:

$$C = 11.75(dL)^{0.5} Re^{-0.1} \quad (4)$$

$Re \leq Re_{ij}$ 时:

$$C = 18\,385(dL)^{0.5} Re^{-0.9} e^{2.18d^{0.5}} \quad (5)$$

式中, C 为混油段长度,m; D 为管道内径,m; L 为计算管段长度,m; q_v 为输油平均温度下的体积流量, m^3/s ; Re 为雷诺数; Re_{ij} 为临界雷诺数; ν_A 为前行油品在输送温度下的运动黏度, m^2/s ; ν_B 为后行油品在输送温度下的运动黏度, m^2/s ; ν 为各50%的混油在输送温度下的运动黏度, m^2/s 。

(1) 汽、柴油混油量计算

汽、柴油混油量计算见表2~表6。

表2 2016年每个批次柴汽油界面混油量(年输量42万t)

| 末站 | -10 [#] 柴油/93 [#] 汽油 混油量 | 0 [#] 柴油/97 [#] 汽油 混油量 | 单批次 混油总量 |
|-------------|---|---|-------------|
| 混油体积/ m^3 | 42.67 | 42.64 | 85.31 |
| 混油质量/t | 33.05 | 33.41 | 66.46 |

(上接第195页)

较高的场地处,或有防止事故状态下流淌火流向该场地的措施的要求^[1]。

第5.3.3条,增加了行政管理区与储罐区、易燃和可燃液体装卸区之间应设置围墙的要求^[1]。

2.6.2 安全防护标准变化

新版规范在库区围墙道路方面提高了石油库的安全防护标准。

首先,增加了消防车道与储罐、铁路罐车装卸线的安全距离要求。其次,加大了消防车道的宽度,提高了消防车道的标高。还增加了储罐区车辆出入口的数量。同时,为保证发生事故时人员较多场区的安全,增加了防止流淌火流向该场地的措施,最大限度地保护了人员的安全。以上变化,在提高石油库安全防护标准的基础上,既适应了新的消防安全的需要,又有利于石油库的安全与管理。

3 结论

石油库属于爆炸和火灾危险性设施,所以安全防护标准和措施是设计的重要内容。技术先进是安全的有效保证,在保证安全的前提下也要兼顾经济效益。新版规范的条文变化更适合目前的安全防护要求,在提升石油库安全防护标准的基础上,也兼顾了安全管理、环境保护、节约土地、以人为本的需求,为我国石油库的工程建设、安全平稳运行提供了基础保障。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50074—2014. 石油库设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2015.
- [2] 中华人民共和国建设部. GB 50074—2002. 石油库设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2003. ■

表3 2017年每个批次柴汽油界面混油量(年输量43万t)

| 末站 | -10 [#] 柴油/93 [#] 汽油 混油量 | 0 [#] 柴油/97 [#] 汽油 混油量 | 单批次 混油总量 |
|---------------------|---|---|-------------|
| 混油体积/m ³ | 42.53 | 42.49 | 85.02 |
| 混油质量/t | 32.94 | 33.29 | 66.23 |

表4 2018年每个批次柴汽油界面混油量(年输量45万t)

| 末站 | -10 [#] 柴油/93 [#] 汽油 混油量 | 0 [#] 柴油/97 [#] 汽油 混油量 | 单批次 混油总量 |
|---------------------|---|---|-------------|
| 混油体积/m ³ | 42.36 | 42.32 | 84.68 |
| 混油质量/t | 32.81 | 33.16 | 65.97 |

表5 2019年每个批次柴汽油界面混油量(年输量47万t)

| 末站 | -10 [#] 柴油/93 [#] 汽油 混油量 | 0 [#] 柴油/97 [#] 汽油 混油量 | 单批次 混油总量 |
|---------------------|---|---|-------------|
| 混油体积/m ³ | 42.17 | 42.13 | 84.30 |
| 混油质量/t | 32.66 | 33.01 | 65.61 |

表6 2020年每个批次柴汽油界面混油量(年输量49万t)

| 末站 | 0 [#] 柴油/97 [#] 汽油 混油量 | -10 [#] 柴油/93 [#] 汽油 混油量 | 单批次 混油总量 |
|---------------------|---|---|-------------|
| 混油体积/m ³ | 41.95 | 41.91 | 83.86 |
| 混油质量/t | 32.49 | 32.84 | 65.33 |

(2) 汽汽、柴柴油混油量计算

汽汽、柴柴油混油量计算见表7~表11。

表7 2016年每个批次汽汽、柴柴油界面混油量(年输量42万t)

| 末站 | 0 [#] 柴油/ -20 [#] 柴油 混油量 | -20 [#] 柴油/ -10 [#] 柴油 混油量 | 93 [#] 汽油/ 97 [#] 汽油 混油量 | 单批次 混油总量 |
|---------------------|--|--|--|-------------|
| 混油体积/m ³ | 91.09 | 92.18 | 39.23 | 222.5 |
| 混油质量/t | 74.83 | 75.22 | 28.77 | 178.82 |

表8 2017年每个批次汽汽、柴柴油界面混油量(年输量43万t)

| 末站 | 0 [#] 柴油/ -20 [#] 柴油 混油量 | -20 [#] 柴油/ -10 [#] 柴油 混油量 | 93 [#] 汽油/ 97 [#] 汽油 混油量 | 单批次混 油总量 |
|---------------------|--|--|--|-------------|
| 混油体积/m ³ | 88.39 | 89.45 | 39.10 | 216.94 |
| 混油质量/t | 72.61 | 72.99 | 28.68 | 174.28 |

表9 2018年每个批次汽汽、柴柴油界面混油量(年输量45万t)

| 末站 | 0 [#] 柴油/ -20 [#] 柴油 混油量 | -20 [#] 柴油/ -10 [#] 柴油 混油量 | 93 [#] 汽油/ 97 [#] 汽油 混油量 | 单批次 混油总量 |
|---------------------|--|--|--|-------------|
| 混油体积/m ³ | 85.18 | 86.20 | 38.94 | 210.32 |
| 混油质量/t | 69.97 | 70.34 | 28.56 | 168.87 |

表10 2019年每个批次汽汽、柴柴油界面混油量(年输量47万t)

| 末站 | 0 [#] 柴油/ -20 [#] 柴油 混油量 | -20 [#] 柴油/ -10 [#] 柴油 混油量 | 93 [#] 汽油/ 97 [#] 汽油 混油量 | 单批次 混油总量 |
|---------------------|--|--|--|-------------|
| 混油体积/m ³ | 81.77 | 82.74 | 38.76 | 203.27 |
| 混油质量/t | 67.17 | 67.52 | 28.43 | 163.12 |

表11 2020年每个批次汽汽、柴柴油界面混油量(年输量49万t)

| 末站 | 0 [#] 柴油/ -20 [#] 柴油 混油量 | -20 [#] 柴油/ -10 [#] 柴油 混油量 | 93 [#] 汽油/ 97 [#] 汽油 混油量 | 单批次 混油总量 |
|---------------------|--|--|--|-------------|
| 混油体积/m ³ | 78.08 | 79.01 | 38.56 | 195.65 |
| 混油质量/t | 64.14 | 64.48 | 28.28 | 156.9 |

(3) 混油处理方案

本工程混油处理方案主要有降级处理(汽汽间或柴柴间的混油)和拉运至炼厂2种方式相结合处理混油。逐年的汽汽、柴柴油混油量见表7~表11。

① 级处理

当汽汽混油或柴柴混油到达末站油库时,将99%~1%之间的混油切出储存到汽油储罐或柴油储罐中,按照低号油品贬值销售。

② 拉运至炼厂回炼

从表2~表6中可知,2016—2020年单批次-10[#]柴油/93[#]汽油混油(富含93[#]汽油)量为32.49~33.05t;单批次0[#]柴油/97[#]汽油混油(富含0[#]柴油)量为32.84~33.41t。本次按不低于2个批次混油的储存量,1种混油所需储罐容积约45m³,因此在已建混油罐中进行储存,并采用汽车拉运至炼厂的方式处理。

5 结语

中银管道原设计输油量为120×10⁴t/a,本次改为成品油输送后,管道设计输量为50×10⁴t/a,流速仅为0.38m/s。小于管道最小流量,造成混油量增加。为满足经济的可行性,建议增加成品油输量以减少混油的量。

参考文献

[1] 杨筱蓓. 输油管道设计与管理[M]. 东营:中国石油大学出版社, 2006:269-271.
 [2] 文林. 成品油管道顺序输送运行优化研究[D]. 西安:西安石油大学,2014:6-7.
 [3] 杨筱蓓,输油管道设计与管理[M]. 东营:中国石油大学出版社, 2006:50-60. ■