

浅谈原油顺序输送过程中混油量的计算

吕高稳, 冯先强, 张大鹏

(中石化管道储运分公司潍坊输油处, 山东 东营 257068)

摘 要: 针对原油顺序输送工艺的特点, 分析了原油顺序输送产生混油量的原因, 给出了混油量计算公式。指出混油的形成与输送距离、油品种类、输量、停输时间、地形等有关。举例对东黄复线顺序输送所产生的混油量进行分析计算, 给出了顺序输送过程中减少混油量的措施。

关键词: 原油管道; 顺序输送; 混油量; 计算; 分析

文章编号: 1006-5539(2007)01-0011-02

文献标识码: B

0 前言

顺序输送石油和石油产品始于 19 世纪末, 目前在国外已得到广泛应用。所谓原油顺序输送, 就是在一条或几条相联的管线内, 将不同物性的原油按一定批量和次序连续不断地进行输送的输油工艺。顺序输送方法可以使长输管道最大限度地满负荷运行, 这样不仅可以增加管道企业的经济效益, 而且也可以减轻其他运输方式的运输负荷。另外, 长输管道的一次投资比较大, 当几种油品从同一始发地输送到同一目的地时, 采用顺序输送就有相当大的优越性。近年来, 我国许多管线也采用了顺序输送工艺。不过, 顺序输送中产生的混油量是一个比较复杂的问题。

1 顺序输送混油的产生

顺序输送时, 由于不同种类的油品一种接一种沿同一条管线输送, 所以当两种油品交替时, 在接触区内, 两种油品混合, 会形成一段混油。产生的混油与所输两种油品在物理化学性质上都不同, 有些不能作为合格的油品销售, 这样就会造成一定的混油损失。产生混油是顺序输送方法的客观缺陷, 也是该种输送方法所固有的局限性。

顺序输送产生混油的因素主要有两个^[1]: 一是当两种油品沿管道运动时, 液体质点沿管道内壁面

的移动速度比中心部分慢, 这样在管道横截面上, 液流沿径向流速分布不均匀, 因而使后行的油品呈楔形进入前行的油品; 二是管内油品沿管道径向、轴向的紊流扩散过程破坏了这个楔形, 使不同类的油品混合, 在一定程度上使油品沿管道横截面均匀分布, 如果紊流程度不大或者是层流的话, 管道横截面上的混合物浓度将由于分子扩散而趋于均衡。

2 以东黄复线为例计算原油顺序输送产生的混油量

2.1 东黄复线概况

东黄复线于 1986 年建成投产, 全线采用先炉后泵, 泵到泵密闭输送工艺。设计最大输油能力 $2\,000 \times 10^4 \text{ t/a}$, 最小输油能力 $1\,000 \times 10^4 \text{ t/a}$ 。20 世纪末, 根据中石化集团公司的战略部署, 中石化管道储运公司决定利用黄岛现有码头, 从中东石油输出国家进口优质原油, 沿其所属的东(营)—黄(岛)复线、东(营)—临(邑)老线等管线顺序西输(见图 1), 由此, 东黄复线 Ø711 管线由原来输送胜利油改输进口油。现主要输送四种油品: 阿曼油、科威特油、沙特轻质油和沙特中质油(油品性质见表 1)。因此, 黄岛油库也由原来的末站变为现在复线的首站。输送工艺也由先炉后泵密闭输送, 改为常温密闭顺序输送。管线设计输量为 $600 \times 10^4 \sim 1\,000 \times 10^4 \text{ t/a}$ 。顺序输送后, 将高含硫进口原油在广饶分输阀室转输至齐鲁石化公司; 将低含硫进口原油沿东临老线、沧临线

收稿日期: 2006-03-14

作者简介: 吕高稳(1975-), 男, 山东巨野人, 工程师, 学士, 主要从事原油输送管理工作。电话: (0536)8183605。

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

输至沧州、石家庄等炼厂。如何计算东黄复线顺序输送中产生的混油量,如何清除或减弱影响混油量的各种因素。以更好地满足各炼厂的需要,是东黄复线顺序输送急需解决的首要问题。

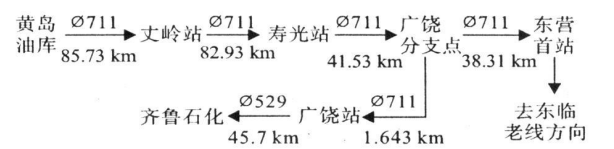


图 1 东黄复线沿途概况

表 1 进口原油的品种、性质

物 性	阿曼原油	科威特原油	沙特原油	
			轻质原油	中质原油
比重	0.853 3	0.868	0.857 5	0.869 6
粘度 $\nu_{10}/\text{mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$	9.84	15.7	10.2	19.4
密度 $\rho_{20}/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	850.189 2	964.974 7	854.414	866.584

2.2 东黄复线混油量计算

目前,顺序输送混油量计算公式主要采用 Austin-Palfrey 公式^[2],雷诺数 Re 是影响混油量的主要因素,它对混油长度的影响大致有两个不同的区域:

$Re > Re_c \quad C = 11.75 \cdot d^{0.5} \cdot L^{0.5} \cdot Re^{-0.1}$
 $Re < Re_c \quad C = 18\,384 \cdot d^{0.5} \cdot L^{0.5} \cdot Re^{-0.9} \cdot e^{2.18d/0.5}$
其中:

$Re = 4Q/(\pi d \nu); \quad Re_c = 10\,000 \cdot e^{2.72d/0.5}$
上式中混油计算粘度 ν 由下式给出:
 $\lg \lg(\nu \cdot 10^6 + 0.89) = 0.5 \lg \lg(\nu_1 \cdot 10^6 + 0.89) + 0.5 \lg \lg(\nu_2 \cdot 10^6 + 0.89)$

式中 Re ——混油段雷诺数;
 Re_c ——临界雷诺数;
 C ——混油段长度, m;
 L ——管道长度,即混油界面通过长度, m;
 d ——管道内直径, m;
 e ——自然对数的底, $e = 2.718$;
 Q ——油品在管线中的体积流量, m^3/s ;
 ν ——混油段计算粘度, m^2/s ;
 ν_1 ——前行油品在输送温度下的运动粘度, m^2/s ;
 ν_2 ——后行油品在输送温度下的运动粘度, m^2/s 。

通过计算,可得出东黄复线顺序输送的临界雷

诺数为 $Re_c = 9.65 \times 10^4$ 。当 $Re > 9.65 \times 10^4$ 时,混油长度随雷诺数 Re 的降低,缓慢增长; $Re < 9.65 \times 10^4$ 时,混油长度随雷诺数 Re 的降低急剧增加。因此,为减少混油量,东黄复线管道应在大于临界雷诺数 ($Re = 9.65 \times 10^4$) 的工况下运行。此时,混油段长度约为 1 389 m,管线输油量约 $3.2 \times 10^4 \text{ t/d}$ 左右。

3 减少顺序输油中混油量的措施

通过上面分析可知,雷诺数越大混油量越少,为避免顺序输送混油量过度增加,东黄复线输油管道应在大于其临界雷诺数 Re_c 的工况运行。不同种类油品的顺序输送应该保持最大输量,泵的功率和管道输量应使管道中的油流达到高度紊流状态。

减少旁接油罐混油,采用密闭输送工艺,采用密闭输送方式混油量最少,各站工艺流程越简单,混油量越少。

国内外顺序输送试验文献均指出^[3],在操作条件完全相同的情况下,输送次序不同,混油长度也不同;油品交替时,粘度小的油品顶替粘度大的油品所得的混油长度大于次序相反时的混油长度。因此,在油品次序选择上,应以粘度较大的油品顶送粘度较小的油品。

寻找合适的隔离方式,加发隔离球和隔离液:在顺序输送各种油品交替时,在两种油品之间加发隔离球和隔离液,以减少混油量。输油站须安装收发装置和检测装置。隔离液是一种聚合物,该聚合物的扩散系数大大小于交替油品的扩散系数。

尽可能避免管道运行中的中途停输,因为当输送管道中两种油品交替时,如中途停泵,也会增加混油量。停输时间、线路地形等因素对它也有影响。

在起点、分油点、进油点储油罐容量允许前提下,尽量加大每一种油品的一次输送量,混油头、混油尾尽量收入大容量纯净油罐中,以减少混油罐的混油量。此外,必须清除管路内的“死区”,装备完善的速动电动闸阀,并掌握好油品切换时间。

参考文献:

[1] 张劲军. 原油管道输送的若干技术进展[J]. 石化管道, 2003, 26(2): 4-5.
[2] 杨筱蓓, 张国忠. 输油管道设计与管理[M]. 山东: 石油大学出版社, 1996. 170-171.
[3] 卢里耶 M B, 尤芬 B A. 成品油顺序输送最优化[M]. 吕世昌, 张泽薄 译. 北京: 石油工业出版社, 1989. 5-6.