热油管道停输再启动过程

蒋新国[1], 刘爱虢[2], 启敏[2]

(1. 大连职业技术学院, 辽宁 大连 116035; 2. 辽宁石油化工大学机械学院, 辽宁 抚顺 113001)

摘 要: 通过查阅大量的资料, 对最近几年停输再启动过程研究做了系统的总结, 通过分析比较提出埋地管线停输过程中的水力、热力以及启动过程中的启动压力、安全停输时间的计算方法, 同时还提出了在停输再启动的计算过程中所要考虑的几点因素。对于工程实践有一定的参考价值。

关键词: 热油管道; 停输; 再启动压力

文章编号: 1006-5539(2005)02-0025-03 文献标识码: A

0 前言

热油管道运行过程中, 停输是不可避免的生产过程。热油管道停输后, 管内油温随停输时间的延长而不断下降, 油品流动特性变坏。当管内油温降到一定程度就会使启动过程产生困难。热油管道的停输再启动过程是一个完整的过程。管道停输后能否顺利启动[1], 不仅取决于停输时间的长短, 而且与管道沿线停输前的油温分布, 停输过程的温降程度, 油品的流变特性和管道的工程状况, 管道的不满输, 环境条件变化等有关。而埋地热油管道又与管线沿线土壤温度场的变化密切相关。

由于管周围土壤中蓄积的热量要比管中存油的热容量大上百倍, 故埋地热油管道停输后的温降情况与架空管不同, 主要决定于周围土壤的冷却情况。埋地管线停输后的温降可分为两个阶段: 一是管内油温较快冷却到略高于管外壁土温, 尤其是靠近管壁处的油温下降较快; 二是管内存油和管外土壤作为一个整体而缓慢的冷却。根据邢晓凯对中洛管线沿线土壤的实测情况表明土壤的温度分布有如下规律[2]: a)由于管道周围各点的自然地温均低于管内油温, 测点的温度基本上随埋深的增加而升高, 对于靠近地面的测点, 温度受气温日波动的影响较大, 测得的温度随时间周期性波动; b)对于埋深相同(或相近)的各探针上各点, 距离中心水平距离越远, 测得的温度越低; c)在停输过程中, 由于管内油温与地温相差不大, 且气温较高, 散热量较小, 土壤中各测点的温降不明显; d)管线启动后, 各测点的温度再启动初始阶段仍呈下降趋势。这是由于启动初始阶段内油温基本不变甚至下降所至。

1 热力及水力计算

现在对于管路的冷却过程、安全停输时间及停输后再启动压力、时间的计算还没有成熟的方法, 只能用近似的估算方法与现场试验相结合。本文包括停输过程中的热力模型及水力模型, 以及停输后启动时压力的计算。这些模型都是在实践中证明可行的, 但在应用时还应与现场实际相结合。目前对于水力及热力模型的解法主要采取数值计算的方法, 如采用有限元法、有限差分法。通过编制一个应用程序即可算出相应的解。

1.1 停输过程的热力模型

通常的算法是忽略管道在 z 方向(即管道的轴向)的传热并假定温度是轴对称分布, 只限于研究停输后管路径向的温度变化建立数学模型如下:

停输温降过程的数学模型如下[3]:

自然对流区的温降方程:

收稿日期: 2004-04-06; 修回日期: 2004-05-21

作者简介: 蒋新国(1978-), 男, 吉林榆树人, 大连职业技术学院教师。电话: (0411)86977011。

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$\frac{\partial T_y}{\partial t}+\frac{2\alpha_y(T_y-T_w)}{\rho_y C_y R_d}=0 \quad (1)$$

自然对流区和传导区的边界条件为：

$$\begin{cases} r=R_d \\ \alpha_y(T_y-T_w)=-\lambda_y(\frac{\partial T_y}{\partial r})_w \end{cases} \quad (2)$$

结蜡层传导方程：

$$\frac{\partial T_y}{\partial t}=\frac{\lambda_y}{\rho_y C_y}(\frac{\partial^2 T_y}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial T_y}{\partial r}) \quad (3)$$

土壤热影响区域方程：

$$\frac{\partial T_s}{\partial t}=\frac{\lambda_s}{\rho_s C_s}(\frac{\partial^2 T_s}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial T_s}{\partial r}) \quad (4)$$

式中 λ_y——油的导热系数；

α_y——自然对流换热系数；

ρ_y——油的密度；

C_y——油的热容；

R_d——管内径；

t——停输时间；

r——径向上与管中心的距离。

公式中“y”表示各参数取自油流的平均温度，角标“w”表示各参数取自管壁平均温度，下标“s”表示土壤热影响区各项参数。通过以上的热力公式即可算出管道内热油的温度与停输时间的关系，通过此计算模型可以得到在管道允许条件下的最大停输时间。

1.2 启动过程的热模型

压力波到达前，断面的热力模型与停输温降过程模型相同。压力波到达后的热力模型如下：

油流热平衡方程：

$$\frac{\partial T_y}{\partial t}+V\frac{\partial T_y}{\partial z}+\frac{4\alpha_y(T_y-T_w)}{\rho_y C_y d}=0 \quad (5)$$

凝油层传导方程：

$$\frac{\partial T_y}{\partial t}=\frac{\lambda_y}{\rho_y C_y}(\frac{\partial^2 T_y}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial T_y}{\partial r}) \quad (6)$$

土壤热影响区域方程：

$$\frac{\partial T_s}{\partial t}=\frac{\lambda_s}{\rho_s C_s}(\frac{\partial^2 T_s}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial T_s}{\partial r}) \quad (7)$$

式中 d——管道的有效直径；

z——距启始点的轴向距离；

V——传递速度。

1.3 启动过程的水力模型

由李才等[4]的研究成果表明：压力传递速度的表达式为：

$$V_s=A\cdot V_a\cdot e^{n(\tau_y\backslash\tau_w)^m} \quad (8)$$

其中 $V_a=\frac{4Q}{\pi D^2}\cdot\frac{1}{M}$ (9)

式中 M——凝油管道系统的孔隙率；

τ_y——启动温度下油品的静屈服值；

τ_w——施于管壁的剪切应力；

$A.m.n$——常数，可由试验回归。

对管内胶凝原油施压后，压力在管道中的传递速度按上式计算，当压力传到管道终点时全线开始形成管流，此刻即为管道启动时间。启动过程中顶挤原油的压降方程如下：

$$\begin{cases} T>T_n \\ \frac{dP}{dL}=4.15\frac{Q_v}{d^4}\cdot\rho g \qquad R_e<2\,000 \\ \frac{dP}{dL}=0.024\,6\frac{Q^{1.75}\gamma^{0.25}}{d^{4.74}}\cdot\rho g \qquad R_e>2\,000 \end{cases} \quad (10)$$

式中 λ——摩阻系数；

T_n——原油反常点温度；

g——重力加速度。

被顶挤原油的连续性方程：

$$\frac{\partial Q}{\partial z}+\frac{\alpha\pi d^2}{4}\cdot\frac{\partial P}{\partial t}=0 \quad (11)$$

被顶挤原油动量方程：

$$\rho\frac{\partial V}{\partial t}+\frac{\partial P}{\partial z}+\frac{4\tau_w}{d}=0 \quad (12)$$

初始条件为 $P(z)=$常压，若 $T>T_n$，则 $V(z)=0$；若 $T<T_n$，则 $u(r,z)=0$，$\lambda(r,z)=1$，$r_0(r,z)=d/2$。出界端边界条件为 Q 等于启输量，进站端或压力波前端边界条件为 P 等于常压。通过启动过程的水力模型即可计算出启动过程的压力，通过与管道的最大承载压力相比即可决定启动过程的最佳启动压力。

2 实际应用

原油管道的工艺安全运行规程规定：热处理、加剂综合处理输送时最低进站温度应高于进站测试凝点加上 3 ℃。规程中没有考虑地温随季节变化所造

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

成的影响。事实上,不同季节的地温相差很大,在同样的进站温度下,夏季允许的安全停输时间要比冬季长得多。而现在进站温度的规定偏于保守,夏季地温高可考虑采用降温输送。如铁秦输油管道进站温度由 33 ℃降低至 32 ℃,铁秦输油管道全线温升幅度就可降低 5 ℃左右。这样降温输送6 个月可以产生直接经济效益 250 万元。

热油管道停输后,由于油品的降温收缩,管内会产生气体空间,造成管道再启动时存在明显的启动充装过程,使得启动压力波速明显降低。另外,停输过程管内油品的降温收缩,减小了油品与管内壁的接触面积和油品在内壁表面的初始切应力,有利于泵的启动。但在停输后的启动初始阶段,由于存在启动充装过程,需要控制启动泵的排量,防止短时间内因泵的排量过大,使得进泵压力过低或启动功率超载造成启泵困难。

管道停输再启动的研究对于不满输有很大的实践意义,由于不满输时管道的热力及水力计算都很复杂,对于不满输量管道,由于不能准确计算安全停输时间,目前生产管理偏于保守,输油温度普遍偏高。这样在经济上会造成巨大的浪费。而根据邢晓凯对中洛线的现场实际研究表明:如果采用 9 d 停输一次,间隔时间 40 h,每月可停输 120 h,管道可以实现满负荷运行。对于其他的不满输管道也可通过计算安全停输时间的办法,使管道在满输情况下工作,这样既可以使管道充分利用也可以节省大量的资金。

夏秋季节停输前突降暴雨对停输结束后沿线各点油温的影响不大,但会导致土壤蓄热量下降。冬季气温突然降低,由于停输时间短,气温突降引起的温度降低还未波及管内油温,气温突降在短时间内对停输的管内油温无任何影响[5]。

3　总结

通过对最近几年管道停输再启动研究进展的总结。归纳出了计算热油管道在停输再启动过程中各个参数的最优计算方法。同时也总结了停输再启动实际计算中应考虑的方面及停输的实际应用的可能性。对于实际应用有一定的参考意义。

参考文献:

[1] 严大凡. 输油管道设计与管理[M]. 北京:石油工业出版社, 1986.

[2] 邢晓凯, 张国忠, 安家容. 中洛管线停输再启动实验研究[J]. 管道技术与设备, 1997, (1): 7-10.

[3] 赵晓东, 张立新, 陶　平, 等. 铁秦管道停输再启动过程模拟[J]. 油气储运, 2002, 21(1): 1-4.

[4] 李　才, 张晓萍, 李仲勋, 等. 热含蜡原油管道停输再启动压力研究[J]. 油气储运, 1998, 17(1): 10-14.

[5] 邢晓凯. 环境条件变化对热油管道停输降温过程的影响分析[J]. 管道技术与设备, 2001, (1): 8-13.

TSRFCC 技术获教育部提名国家科技一等奖

2004 年度教育提名国家科学技术奖揭晓,石油大学(华东)完成的两段提升管催化裂化技术获教育部提名国家技术发明奖一等奖。

两段提升管催化裂化(TSRFCC)新技术是历时 8 年攻关开发出的一项重大创新性催化裂化技术。该项技术针对当前催化裂化工艺存在的问题,首次提出了两段提升管催化裂化新概念,并进行了深入的基础理论和实验室研究。在实验室研究取得成果的基础上,该项技术首先在石油大学胜华炼油厂进行工业放大试验,建成了世界上第一套 10×10^4t 级 TSRFCC 工业装置。工业试验结果验证了理论分析及实验室研究结果,自 2002 年 5 月开工投产以来,装置运转状况良好,技术指标先进。TSRFCC 可大幅度提高原料的转化深度,同比加工能力增加 20% ~ 30%;可显著改善产品分布,轻油收率提高 2 ~ 3 个百分点,液收率提高 3 ~ 4 个百分点,干气和焦炭产率大大降低;可使产品质量得到明显改善,汽油烯烃含量下降 20 个百分点以上,柴油密度减小,十六烷值提高,汽、柴油的硫含量明显降低。

TSRFCC 技术还被评为中国石油天然气集团公司 2002 年十大科技进展之一,2003 年列为国家火炬计划,2004 年获得上海国际工业博览会银奖。目前,该技术已经在辽河、长庆等 8 套大、中型工业装置推广应用,增创利税超过 1 亿元。

金秋石化科技传播公司　钱伯章

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

NATURAL GAS AND OIL
(QUARTERLY)
Vol.23 No.2 Jun. 2005

SELECTED ABSTRACTS

Restarting Process of Hot Oil Pipeline after Shutdown

Jiang Xinguo(Dalian Vocational Technical College, Dalian, Liaoning, 116035, China)
Liu Aiguo, Ding Qimin(Machinery College, Liaoning University of Petroleum & Chemical Technology, Fushun, Liaoning, 113001, China) **NGO**, 2005, 23(2): 25-27

ABSTRACT: Through summarizing the researches on hot oil pipeline restarting processes after shutdown in recent years, discussed are the water energy and heat energy calculations during shutdown of buried pipelines, restarting pressure calculations during restarting, safe shutdown time calculations and factors necessary to be considered in these calculations. Some opinions are put forward on practical application of restarting processes after shoudown, which are significant to engineering practice.

KEY WORDS: Hot oil pipeline; Shutdown; Restarting pressure

OIL & GAS TREATING AND PROCESSING

Study on Properties of Deep-Drawn Wax Oil and Residue of Typical Crude Oil in Shengli Oil Field

Zhang Xiaojing(Research Institute of Petrochemical Engineering Technology, LPEC, Luoyang, Henan, 471003, China) **NGO**, 2005, 23(2): 28-31

ABSTRACT: In order to provide basis for deep process of heavy oil, the deep-cut distillation test for Shengli crude oil and an investigation on the properties of deep-cut vacuum gas oil and residue have been carried out on laboratory pilot plant. The results show that all deep-cut vacuum gas oil fractions contain higher sulfur content, the fractions cutting point over 570℃ contain higher nickel content, nitrogen content and carbon residue, when using the deep cutting VGO gas as FCCU stock, the better deep cutting temperature shall be lower than 570℃, meanwhile the deep-cut fractions need desulfuration and the yields of vacuum gas oil can be increased 9.64% than ordinary distillation process when the cut point is raised to 570℃, the economic benefit of deep distillation is comparatively significant, the depth of distillation is limited by the properties of residue, all deep-cut residua are difficult to process, and all residua, under the temperature over 500℃, are fit for producing asphalts.

KEY WORDS: Shengli crude oil; Deep-drawn; Wax Oil; Residue; Study

Production of Fine Chemicals by the Technique of C_3/ C_4 Olefin Oligopolymerization

Wang Yi(Qingjiang Petrochemical Co., Ltd., Huaian, Jiangsu, 223002, China) **NGO**, 2005, 23(2): 32-34

ABSTRACT: Described are research, development and production of C_3/ C_4 olefin oligonmerization, domestic production processes are compared with foreign ones and introduced is the application of chemicals made from olefin oligomerization. It is suggested that production of chemicals from olefin oligomerization shall be expanded greatly in China.

KEY WORDS: Propylene; Ethylene; Oligopolymerization; Product

Analysis on Application of Non-hydrogen Technology to Improving Quality of Straight-run Gasoilne

Yao Riyuan(Yangzhou Petrochemical Complex, Yangzhou, Jiangsu, 225200, China) **NGO**, 2005, 23(2): 35-37

ABSTRACT: Decribed is application of straight-run gasoline quality improving technique by non-hydrogen in Yangzhou Petrochemical Complex. The results indicate that the technique has such advantages as high octane number and low olefin content, high liquid yield and low dry gas-producing ratio and is a novel method for producing clean gasoline components.

KEY WORDS: Straight-run gasoline; Olefin; Octane number; Environment protection

Application of MCI-hydrodewaxing Compound Technology in the Yanlian Diesel Oil Hydrogenation Unit

Bai Xuelian, Liu Hongchao(Engineering and Technology Office of Petroleum Refining Group of Yan' an, Luochuan, Shaanxi, 727406, China)
Ji Libin(Waste Water Treatment Workshop of Petroleum Refining Group of Yan' an, Luochuan, Shaanxi, 727406, China) **NGO**, 2005, 23(2): 38-40

ABSTRACT: Petroleum Refining Group of Yan' an applies the MCI-hydrodewaxing Compound Technology developed by ChinaPetroChemical Fushun PetroChemical Institute, uses catalytic cracking diesel oil as raw material and produces high quality diesel oil with low freezing poing. In practical production, through properly adjusting operation parameters, the freezing point of refined diesel oil can be changed in a wide range, which can enhance the flexibility of production organization.

KEY WORDS: MCI-hydrodewaxing; Catalysis; Diesel oil; Industrial production; Product quality

MACHINERY AND EQUIPMENT

Study on Transition of Natural Gas and LPG

Zhao Shuzhen(China Petroleum Engineering Co., Ltd. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610017, China)
Wang Chiyu(Tarimu Oil Field Co. Planning Department, Kuerle, Xinjiang, 841000, China) **NGO**, 2005, 23(2): 57-58

ABSTRACT: By comparing performance parameters of natural gas and liquefied petroleum gas, it is pointed out that necessary rebuilding of gas appliance and pipe transportation and distribution system shall be carried out for the use of natural gas, furthermore, different rebuilding schemes are recommended according to various gas supply ways.

KEY WORDS: Natural gas; Liquefied petroleum gas; Gas appliance; Transportation and distribution system

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net