

成品油管道技术发展现状与趋势

吴玉国, 田 隼

(辽宁石油化工大学石油天然气工程学院, 辽宁 抚顺 113001)

摘要:重点介绍了近年来成品油管道技术在停输混油理论与控制、计划调度、优化运行技术、管道的完整性管理等方面的发展, 并分析总结了成品油管道技术的发展趋势, 最后结合国内成品油管道的发展现状和实际情况, 展望了我国成品油管道发展方向和重点。

关键词:成品油管道; 混油; 计划调度; 优化运行; 完整性管理; 发展趋势

中图分类号: TE832

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2014)05-0004-05

Current status and development trends of refined oil pipeline technology

WU Yu-guo, TIAN Lei

(College of Petroleum Engineering, Liaoning Shihua University, Fushun 113001, China)

Abstract: The developments of refined oil pipeline technology in theory and control for oil mixed amid shutdown, planning and scheduling, optimizing operation technology and pipeline integrity management are focused on. The development trends of refined oil pipeline technology are summarized and analyzed. Finally, the development directions and highlights of the refined oil pipeline technology in the future in China are prospected based on current status and actual situation of refined oil pipeline technology.

Key words: refined oil pipeline; mixed oil; planning and scheduling; optimizing operation; integrity management; development trend

管道运输是五大运输方式(铁路、公路、海运、空运、管道)之一, 成品油管道运输是以原油管道运输为基础逐渐发展起来的, 正在逐步替代成品油的铁路和公路的运输, 成为成品油重要的运输方式^[1-2]。

目前国内已逐渐形成了由北到南、自西向东的油气输送管网, 包括西部管道等重点管道工程项目, 在成品油管道设计、建设与运行方面取得了长足的进步^[3-4]。但由于我国炼油厂分布和地区需求不均衡, 加上我国成品油管道的发展起步较晚, 我国现在的成品油运输管道还不够发达, 输送管网还不够成熟。相比较而言, 美国等西方国家的成品油管道更为发达。在美国, 早在 20 世纪 80 年代成品油管道长度就已超过原油管道长度。

成品油管道输送是建设具有国际竞争力、完善的现代化物流储运体系的一个重要组成部分, 随着全球经济的不断增长, 许多国家都不断发展成品油管道运输, 积极调整成品油运输结构, 成品油管道的发展对一个国家的经济建设起着非常重要的作用^[3]。

1 成品油管道技术进展

近几年我国的成品油管道得到了很大的发展, 建成的规模和技术难度较大的成品油管道包括兰成

渝成品油管道、西南成品油管道、西部成品油管道、珠江三角成品油管道等。其中西南管道是我国目前运营工况最复杂的成品油管道系统(13 个分输站, 11 个泵站), 而西部管道是目前国内干管最长的成品油管道(1 846.55 km)。伴随着众多成品油管道的建设和投产运行, 在成品油管道技术方面取得了较大的进步^[5]。

1.1 停输混油理论与控制

伴随着兰成渝管道的投产, 我国管道科技工作者开展了高差起伏管段顺序输送中沿程混油的理论和实验研究。研究结果与实际运行均表明, 流速超过一定值时高差起伏对混油的影响较小, 但在管道停输时, 相邻液体的密度比和管段倾角是影响停输状态下混油速度的主要因素, 黏度比是影响混油速度的次要因素。在实验研究的基础上提出停输混油计算方法。与兰成渝管道 100 多次停输的现场实测数据的对比表明, 与流动过程混油长度的计算方法相结合, 该方法可以较准确地估计成品油管道停输过程的混油量^[5]。

董荣国^[6]针对成品油管道多种油品顺序输送中普遍存在的混油回掺矛盾突出的问题, 通过对输送批次安排、初始混油量、混油的流速、运行距离和停输等影响因素的定性定量分析, 并应用华东成品

油管道实际运行数据进行比对和验证,总结出减少部分站场下载的批次数、切割逻辑优化、停输时混油量的控制、操作优化和优化具有支线管道的混油流向、混油切割处理等一套效果明显的混油量控制和优化切割的应对措施。实例计算、分析得出结论,非计划停输再启输后末站混油量增加 20% 左右;停输引起混油增加的主要诱因在于停输和再启输过程中的层流作用以及紊流脉动造成了混油段的扩散。并认为停输时混油量的控制主要靠减少压力、流量的波动时间,让混油尽快地静止。

陈荣贺^[7]结合工程实践经验,经过分析研究提出,为减少停输引起的混油,停输时应将 2 种油品的混油段处在较平坦的地段。当混油段在坡度大的地段停输时,要让密度小的油品在上,密度大的油品在下面。

郭玮等^[8]结合西部成品油管道的生产实际对兰州末站混油切割的关键性问题进行了分析研究,进而提出了改进切割比例、修正密度偏差、改变首站油品切换模式等措施,有效地降低了混油切割量。

李军等^[9]结合西部成品油管道的具体情况提出为减少混油量,应尽量避免停输;必须停输时,应使 2 种油品的交界处在较平坦的地段。若在交界面处于较大坡度的地段停输,应使密度小的油品在上,密度大的油品在下。如停输时间超过 4 h,应关闭与混油段相邻的两端阀门。

殷炳纲^[10]在分析了成品油管道混油量影响因素的基础上,以减少混油量为目标,从泄压罐的设置、阀门的位置确定、收发球筒的口径和连接管路的设计、启泵方式的选择、站内工艺管道管径的设计以及管输介质雷诺数参考值的确定等 6 个方面提出了成品油管道的优化设计方案。

1.2 计划调度

顺序输送且多点分输的成品油管道的调度管理相当复杂,涉及油源、销售、管道系统的协调与优化问题。制定能够满足上下游需求并确保管道安全、高效运行的调度计划,是调度管理中最为核心的

任务。

张松等^[11]以全线泵机组消耗费用最小为目标函数,建立了成品油管道调度计划自动编制与优化模型。模型主要采用集中分输方式,考虑管道的水力约束,采用遗传算法对模型进行优化求解并根据所建立的数学模型编制了成品油管道调度计划自动编制与优化程序。

刘静等^[12]针对中石化西南成品油管道茂名、北海双油源输送油品的新型运行模式,基于适用于多源成品油管道的批次调度算法,融合国内成品油管道调度计划编制时所需要考虑的因素,开发出商用批次编制软件,很好地解决了双油源模式下出现的支干线油品运移协调问题和交汇点转输站点的注入分输操作机制问题。

徐敬波等^[13]针对新疆成品油管输业务的发展需求和制订管输计划中存在的问题,以线性规划为基础,应用 matlab 软件设计并实现了一种成品油管输计划自动优化调度的方法,建立了疆内成品油管输调运优化模型和约束条件,在合理库存和乌兰管道管输计划的约束下,对新疆区内独乌管道、克乌管道、王化管道的管输计划进行优化,该方法经历史数据仿真测试,能有效提高新疆区内的油品调输效率。

Herrán 等^[14]针对多管道系统,提出了一种新的离散数学方法来解决石油炼制产品多管道输送系统(如图 1 所示)的短期作业计划问题。该模型基于离散方法,将计划周期划分成若干相等的时间段,并将每个管道分解成容积相同的且只存有单一油品的小管段,并结合数值例子的求解对模型进行了验证。模型考虑了包括泵送费用、启/停输费用、混油处理以及库存费用在内的总费用最小化的问题。在一定条件下降低模型的决策变量和约束条件的数量是有可能的,从而可以使用相对简化的模型来解决相同的问题。使用简化模型的前提条件是油品需求量大且泵送费用相对于启/停输费用很低,否则需要使用未简化的完整模型。

进展,2011,30(8):1637-1642.

(上接第 3 页)

[12] 段付岗. 废硫酸在磷酸铵生产中回收利用的可行性分析[J]. 硫磷设计与粉体工程,2012,(5):36-38.

[13] 童国美,吴涛,陈静,等. 废硫酸在双甘磷生产工艺中的应用[J]. 农药,2011,50(11):808-809.

[14] 赵玉潮,张好翠,沈佳妮,等. 微化工技术在化学反应中的应用进展[J]. 中国科技论文在线,2008,3(3):157-169.

[15] 骆广生,王凯,王玉军,等. 微化工系统的原理和应用[J]. 化工

[16] 王琦安,王洁欣,余文,等. 微通道反应器微观混合效率的实验研究[J]. 北京化工大学学报:自然科学版,2009,36(3):1-5.

[17] 叶明星,Mansur E H A,王运东,等. 微混合技术研究进展[J]. 化工进展,2007,26(6):755-761.

[18] 孙宏伟,陈建峰. 我国化工过程强化技术理论与应用研究进展[J]. 化工进展,2011,30(1):1-11. ■

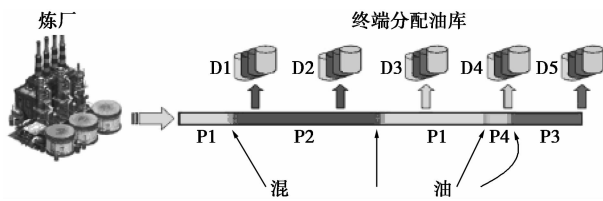


图 1 多管道系统典型操作示意图

为了提高石油炼制产品多管道输送系统输送计划问题的混合整数线性规划算法的效率, Herrán 等^[15]还开发了几种元启发式算法。问题涉及在计划周期内满足油品的需求管道系统中各管段所输送油品最佳序列的确定。这些改进是通过搜索当前解的邻域来实现的, 搜索过程采用不同的全局搜索方法: 多起点搜索, 变邻域搜索算法, 禁忌搜索和模拟退火算法。数值计算实例表明, 这些元启发式算法得到更好的求解结果且需要的计算时间更短。

有的成品油管道联系多个炼厂和油库, 一些连接点处分输油品, 一些连接点处注入油品, 另外一些连接点处兼有 2 种功能。而成品油管线计划调度中重要的一环就是确定以最低费用满足油品需求的最优输送次序, 针对这一情况, MirHassani 等^[16]提出了适用于管道计划调度的混合整数规划连续时间建模。所提出的模型相比于现有的模型, 使得问题进一步简化的同时也提高了准确度, 能够更准确地计算混油费用。

在成品油管道系统中, 会出现不同油源处同时进行输油泵的操作情况。对于多源管网来讲, 计划调度的计算量主要在于泵操作排序、批量和批量分配。Diego 等^[17]介绍了针对允许同时注入油品的单向管网运行计划的混合整数线性规划, 目标是以最低总费用满足油库的油品需求。依据此模型, 可同时获得泵送和配送操作的最优计划。实例计算结果表明, 多点同时注入油品有利于管道输送能力的更好发挥, 并且可以缩短满足油库油品供应所需时间。

Erito 等^[18]所提出的方法将管线和计划周期均离散化, 并将一种有效的混合整数线性规划模型与后处理启发式算法相结合。与传统模型相比较, 模型中的容积约束采取背包级联的形式而且还有管段中油品的约束, 这使得模型的性能得到明显改善。该方法使得在成品油管道系统计划调度问题的建模上有了新的进步, 使石油工业相关技术人员所面临的实际问题得以解决成为可能。

1.3 优化运行技术

成品油管道因油品的黏度和密度不同, 输量调

节、中途分输或进油等操作使管道经常处于不稳定的水力状态, 需要采取多种调节措施以使管道高效运行。管道的优化运行不仅要在满足管道沿线市场需求的条件下最充分地利用管道的输送能力, 降低能耗费用, 而且要减少混油损失, 获得最佳经济效益。

康正凌等^[19]建立了成品油管道运行电费优化数学模型, 考虑了电价在一天当中波动的情况下, 保证各输送油品批次按计划到达分输点的要求, 进行全线最优配泵方案的求解。电价较低的时段管线会运行更多泵, 增大输量, 电价高的峰时和平时运行泵数量减少, 输量减小。以兰成渝成品油管道为例进行分时输送的运行计算表明, 与定流量输送相比, 分时输送时管道总耗电费至少可降低 30%, 而且峰谷电价比越大, 耗电成本降低越多。

陈媛媛等^[20]以西南成品油管道泵站为例, 运用动态规划的原理解决了配有调速泵的管道全线开泵方案问题。以管道全线动力费用最低为目标函数, 建立了泵站开泵方案优化过程的数学模型并给出了求解方法。通过设置合理步长的方法将调速泵离散化为一系列不同转速的固定转速泵, 并编制了相应的计算机程序, 从而实现了泵性能参数的计算和优化配泵。

朱培明等^[21]基于克乌成品油管道复线的输油工况, 从能耗的角度出发, 分析比较了分别运用临时投产与设计安装的泵机组能耗差异, 进而提出了在不同年输量范围内的泵机组优化运行方案。

杨雪等^[22]以管道全线动力费用最低为目标函数, 以泵站在实际运行过程中需要完成的油品输量为约束条件, 同时满足管道水力、工艺及强度等约束条件, 建立了优化过程的数学模型, 编制计算机程序实现了泵性能参数的处理和计算, 设置合理间距, 将调速泵离散化为不同转速的固定转速泵, 进而确定全线泵站的开泵方案。

1.4 油气管道的完整性管理

近年来油气管道的完整性管理在我国得到了高度的重视, 目前已经基本形成了在役管道完整性管理的体系, 包括标准、数据库及应用平台, 初步实现了管道完整性管理循环模式, 具备了全面推广的条件。

姚伟^[23]深入剖析了我国油气管道完整性管理存在的问题: 第一, 当前技术需求超前于管道自身的发展; 第二, 工程标准空缺及关键指标要求低、不严格等严重影响管道的本质安全; 第三, 专业工程师对

所从事专业缺少系统的认知。并针对以上问题提出了油气管道完整性管理的发展策略:系统研究储备确保管道本质安全所需要的支持技术,全行业共同提升标准水平,促进从业人员的职业化发展。

谷雨雷等^[24]将管道完整性管理视为多投入、多产出的复杂系统,按照具体业务将其划分为数据管理、高后果区识别等9个业务模块和1个综合管理模块,并针对各模块综合考虑其不同方面、不同属性的各项因素,建立评价指标体系。应用数据包络分析(DEA)方法,对各评价单元进行相对有效性评价,计算得出对应的效能值,并对效能结果进行分级,给出评价结论和改进建议。

董绍华等^[25]为采用物联网技术建立了管道完整性管理的信息技术平台。基于物联网技术的管道完整性管理在数据采集、远程监测以及物资管理等领域的应用结果表明,采用物联网技术能够实现管道完整性管理的可视化、数字化,还能最大限度地降低时间和空间危险因素,从而确保管道安全和平稳运行。

秦金等^[26]分析了油气管道完整性管理体系内部关系及与HSE管理体系的关系,认为可将服役管道划分为幼年故障期、近似稳定故障期、老年故障期3个阶段,并针对每个阶段的不同特点,对完整性管理体系进行了优化,以达到投入最低化、效果最大化的目的。

冯庆善等^[27]针对目前完整性考核指标与完整性管理中存在的问题,结合目前管道完整性管理方案在管道完整性管理过程的作用,提出了建立基于管道完整性管理方案的效能评价方法。以完整性管理方案规定内容与运营单位实际工作内容之间的符合度作为评价的基础,以管道的风险水平、日常工作量大小、事故情况等影响效能的因素作为修正因子,建立了一套符合完整性效能评价要求的评价方法。

2 成品油管道发展趋势

(1)大型化、高压及网络化。顺序输送技术的不断提高,扩大了油源,增加了管道的输送能力,促使管道向大型化方向发展^[28]。

(2)向高新技术转型。成品油管道运输是高新技术应用的重要领域,需要多学科、多门类技术综合运用^[28]。

(3)管道工程材料使用高强度钢和大变形钢。高强度管线钢是发展趋势,但必须满足很高的性能要求,而且单项特性互相影响^[29]。

(4)管道防腐技术将更加节能环保、经济高效。国外防腐技术发展的趋势是在以节省资源、无污染、经济高效、有利生产为原则的基础上,涂料产品结构正在发生根本性改变^[29]。

3 我国成品油管道发展展望

“十二五”期间以及今后一个时期,我国油气储运业还将持续高速发展。在我国成品油管道的未来发展中,成品油干线管道将逐步实现网络化,管道将成为成品油的主要运输方式。虽然我国成品油管道起步较晚,但近几年已有了很大的进步,目前我国已初步形成了全国性的成品油管网。预期今后我国成品油管道将具有如下发展趋势^[5,30]。

(1)适应市场的需求,与销售密切衔接。在设计和建设中应加强成品油管道对市场变化适应性的研究,成品油管道不仅要适应市场季节的变化,还须考虑其年度的变化及相关地区的经济发展,关注世界成品油市场的变化,根据进口油品的价格和运输情况,与炼油和销售企业一起及时进行输运调配。

(2)以成品油管网为骨架,构筑现代油品物流网络。成品油管网应是现代油品物流网络的骨架,而各种转运油库是其线路上的各个中间节点,通过这些节点实现管道与铁路、公路、水路等其他运输方式的衔接,分配油库及加油站则是其末梢节点。

(3)应用信息技术,促进管道的数字化建设与管理。针对全国性或区域性的成品油管网的特点,利用先进的地理信息系统技术、数据库管理技术、网络技术,实现涵盖管网勘察选线、设计、建设、运营、巡线、站场运行管理以及防腐数据管理等过程形成数字化管道。

(4)管网仿真技术国产化。现代长输管道向着大型化、管网化以及输送介质多样化发展,输送过程日益复杂。计算机仿真技术能够帮助调度人员短时间内做出安全可靠的控制决策或安全经济的运行方案。然而,目前我国长输管道设计和运行管理中大都采用的是国外的仿真软件,这些软件有些不太适用于中国的国情,有些维护费用很高,因此,非常有必要开发具有自主知识产权和特点的管道仿真软件。

参考文献

- [1] 杨筱蘅. 输油管道设计与管理[M]. 青岛:中国石油大学出版社,2006.
- [2] 王保群,林燕红,代运锋. 我国成品油管道现状与展望[J]. 石

- 油规划设计,2010,21(5):7-9.
- [3] 欧毅,张兆吉.我国成品油管道运输分布情况研析[J].科技资讯,2012,(12):250-252.
- [4] 戚爱华.我国油气管道运输发展现状及问题分析[J].管道论坛,2009,17(12):57-59,87.
- [5] 中国石油学会.石油与天然气工程学科发展报告[M].北京:中国科学技术出版社,2008.
- [6] 董荣国.华东成品油管道混油影响因素的分析和优化控制措施[J].石油库与加油站,2013,22(1):12-17.
- [7] 陈荣贺.兰郑长成品油管道兰郑段顺序输送的混油控制[J].中国石油和化工标准与质量,2012,33(4):297.
- [8] 郭伟,张道全,刘鹏,等.西部成品油管道末站混油切割改进措施[J].油气储运,2011,30(7):520-522.
- [9] 李军,王岳,李岩.西部成品油管道顺序输送的混油控制[J].油气储运,2010,29(2):110-112.
- [10] 殷炳纲.优化成品油管道设计减少混油量[J].油气储运,2011,30(11):834-836.
- [11] 张松,崔艳雨.成品油管道调度计划优化研究[J].化工管理,2013,26(2):111-112.
- [12] 刘静,郭强,姜夏雪,等.新运行模式下的大西南管道调度计划编制软件[J].油气储运,2013,32(9):986-989.
- [13] 徐敬波,廖平,李天峰.成品油管输计划的优化[J].油气储运,2010,29(8):585-588.
- [14] Herrán A, Cruz J M de la, Andrés B de. A mathematical model for planning transportation of multiple petroleum products in a multi-pipeline system[J]. Computers and Chemical Engineering, 2010, 34:401-413.
- [15] Herrán A, de la Cruz J M, de Andrés B. Global search metaheuristics for planning transportation of multiple petroleum products in a multi-pipeline system[J]. Computers and Chemical Engineering, 2012, 37:248-261.
- [16] MirHassani S A, Abbasi M, Moradi S. Operational scheduling of refined product pipeline with dual purpose depots[J]. Applied Mathematical Modelling, 2013, 37:5723-5742.
- [17] Diego C Cafaro, Jaime Cerdá. Operational scheduling of refined products pipeline networks with simultaneous batch injections[J]. Computers and Chemical Engineering, 2010, 34:1687-1704.
- [18] Erito Marques de Souza Filho, Laura Bahiense, Virgilio José Martins Ferreira Filho. Scheduling a multi-product pipeline network[J]. Computers and Chemical Engineering, 2013, 53:55-69.
- [19] 康正凌,宫敬,梁永图.成品油管道运行电费优化研究[J].天然气与石油,2011,29(2):1-3,24.
- [20] 陈媛媛,吴先策,纪荣亮.动态规划法在西南管道泵站优化运行中的应用[J].油气储运,2009,28(8):13-15.
- [21] 朱培明,陈志华,邹斌,等.克乌成品油管道复线泵机组的优化运行方案[J].油气储运,2012,31(3):221-224.
- [22] 杨雪,吴先策,纪荣亮.西南成品油管道泵站优化运行[J].油气储运,2011,30(3):196-199.
- [23] 姚伟.管道完整性管理现阶段的几点思考[J].油气储运,2012,31(12):881-883.
- [24] 谷雨雷,董晓琪,郑洪龙,等.基于数据包络分析的管道完整性管理效能评价[J].油气储运,2013,32(8):840-844.
- [25] 董绍华,韩忠晨,杨毅,等.物联网技术在管道完整性管理中的应用[J].油气储运,2012,31(12):906-908,911.
- [26] 秦金,郝点,宋军舰.油气管道完整性管理体系分析与应用[J].管道技术与设备,2011,19(3):7-8,16.
- [27] 冯庆善.管道完整性管理实践与思考[J].油气储运,2014,33(3):(优先出版).
- [28] 张兆吉,欧毅,李应晓.国外成品油管道运输发展现状与启示[J].科技文汇,2012,9(12):205-206.
- [29] 吕建中.国外石油科技发展报告[M].北京:石油工业出版社,2012.
- [30] 蒲明.中国油气管道发展现状及展望[J].国际石油经济,2009,32(3):40-47. ■

首个煤化工全产业链交易平台落户宁夏

地处国家能源“金三角”战略腹地的宁夏回族自治区再出新举措,将搭建国内首个煤化工全产业链交易平台——宁夏煤化工交易中心。该中心由山东能源集团国际贸易有限公司、山东海运国际贸易有限公司、济南钢铁商贸有限公司、安徽安粮国际发展有限公司、北京阿博泰克北大青鸟信息技术公司,以及中铁物资集团、冀中能源、南车集团、浙江能源集团、四川长虹集团、际华集团南京分公司、江苏舜天国际集团等国内大型综合性企业共同倡导发起,宁夏联通科技工程有限公司承建,已于近日正式启动。

据项目负责人介绍,中心位于石嘴山市生态经济开发区,目前近万平方米的交易中心主体大楼已建成。项目主要经营品种包括无烟煤、兰炭、电石、铁合金、煤焦油等。随着平台的逐步完善,将陆续上线动力煤、焦炭、碳素、活性炭、增碳剂、聚乙烯、聚丙烯、PVC、双氰胺、醋酸乙烯、甲醇、聚乙烯醇、烧碱等品种。平台将为煤化工行业产、运、销企

业提供全方位的交易服务、金融服务、研发服务、检测服务,同时规范煤化工原料、半成品、成品交易体系、定价体系及企业资信体系。

该交易平台可以化解煤化工行业企业生产经营中诸多瓶颈问题:一是解决单一生产厂家经营连续性差导致产供销链断裂的问题。平台推出的煤化工联合交易板块,以核心会员打造工业企业联合体,引进大型企业参与整合与完善整个煤化工产业链,从而优化会员企业的生存环境。二是解决企业融资难题。平台为金融机构提供获取比较全面信息的渠道,并为金融机构投资提供平台,从根本上解决企业发展资金缺乏的问题。三是采购成本高的问题。交易平台建成后,减少了中小型企业原料采购的中间环节,降低原料采购成本,提高企业经济效益。另外交易中心将引进国内知名的法律、会计、审计、管理、金融、技术研发单位,为会员企业提供全面优质的服务。(张力)