

石油与天然气管道输送节能降耗研究

关博欣（国家管网集团北方管道有限责任公司郑州输油气分公司，河南 郑州 450000）

摘要：管道运输是石油、天然气的主要运输方式，与公路、铁路、海运和航空并列为五大运输方式之一，具有运输量大、经济环保、密闭安全、便于管理、易于实现远程集中监控等优点。目前，我国针对油气输送大多采用长输管道进行运输，此种运输方式具有可输送量大、运输距离长、可输送油品种类多等优势，但此种输送方式在实际应用中也存在工艺复杂的问题。在建设油气输送管道时，建设工程受到社会、经济、政治、市政、生态、环境、技术等多方面因素的影响，一旦在建设其中一个环节出现问题，便会对运输效果与管道使用情况造成负面影响。通常情况下，设计一个完善的油气运输管道，需要考虑管道的直径、材质、覆盖范围、中转泵（压缩机）的数量与不同中转泵（压缩机）在管道中的布置位置、输油扬程距离、不同输送线路对油气在输送中的损耗量、输送末端与前端油罐的容量、天然气调峰等诸多因素。因此，有必要加大对此方面建设的投入，进行管道工艺在设计与开发中的优化，以此种方式，降低管道工艺在输油气中的损耗量。基于此，本篇文章对油气管道输送节能降耗进行研究，以供参考。

关键词：石油；天然气；管道输送；节能降耗

我国能源输转方式多样化，管输业务发展迅速。截至 2020 年底，油气管道达到 $16.5 \times 10^4 \text{ km}$ ，其中成品油管道 $3.2 \times 10^4 \text{ km}$ ，原油管道 $3.1 \times 10^4 \text{ km}$ ，天然气管道 $10.2 \times 10^4 \text{ km}$ 。管道运输是目前最环保、最安全的运输方式。但是，在长距离管道输送油气过程中，油气泄露污染环境、火灾爆炸等安全环保问题已然成为管道行业最为重视的问题。我国油气管道的管径越来越大、管道的长度也越来越长、管道占地区域环境也越来越复杂、输送的油品种类也愈加多样化，输送压力的控制手段就会变得比较复杂。在实际生产应用中，管道企业选择合理的水力控制技术对于管道的系统控制非常重要。在流体力学研究理论体系中，油气管道压力、流量和高程变化之间相互影响，互为变量；在高程不变的情况，常用的油气管道水力系统控制措施主要有压力控制和流量控制两种方法。基于此，本文探究节能降耗的措施。

1 研究背景

制约油气管道节能降耗的最大阻力为管道的完好性，管道的安全平稳运行是管道企业最大的节能降耗措施。长输油气管道点多、线长、面广的特点决定了管道管理的复杂性，加上早期管道技术经济条件的制约，以及设计、施工水平，材料缺陷和多年运行损伤等原因，管道安全存在不少隐患，沿线地质条件、极端天气、第三方破坏、管道老龄化及沿线地区城镇化等因素引发的管道泄漏事故逐年

上升。近年来，为了减少各类管道事故，基于事前预控的管道完整性管理模式在全球范围内得到普遍应用。作为完整性管理核心技术之一的内检测，在保障管道安全运行、减少事故方面也发挥着越来越重要的作用。

2 导致油气管道能耗较大的主要原因分析

2.1 原油管道设备热效率较低

随着我国在社会经济发展过程中对原油需求量的不断增加，原油管道的建设力度也在逐年加大，但是仍存在部分原油管道系统中所配置的加热设备的实际热效率达不到技术标准的情况。而影响原油管道加热设备热效率的原因有很多，例如：原油管道油风比例不合理、剩余空气超标以及未能及时对加热炉进行清理导致其内部有大量灰尘杂物存积等，这些都会影响原油管道加热设备的热效率。

2.2 未能合理控制输油泵流量

目前，在原油、成品油管道运行过程中，部分输油系统在确定输油泵节流参数时存在不合理的问题，导致节流过大，增加能耗损失。在原油管道运行过程中这不仅会加剧原油管道加热处理时的热损失以及能源浪费，还会缩短原油管道使用寿命，增加原油管道运行成本。

2.3 造成石油管道腐蚀的因素

随着国内经济快速发展，能源的需求数量也在持续增加，对于石油开采以及运输技术也在快速发展进步，在石油开展管道运输的过程中仍然会出现

泄漏的情况。对于石油运输管道产生腐蚀的情况属于电化学中的一种，主要是石油中的某些组成成分发生化学反应，产生的结果便是管道的厚度逐渐减小，随着时间的推移管道会被损坏，造成油气出现泄漏的情况。

有专业技术人员对腐蚀情况做出调查发现当电化学腐蚀情况出现时需要有针对性的处置方式，从管道内所使用的材料着手，避免电化学腐蚀的情况出现，又或者将石油的运输环境作出一定改变，将腐蚀的速率降到最低。对于管线的防腐性关注点便是管线的材料类型，在运输管线建设前，应该做好设计工作以及选择合适的施工方式，对管线的腐蚀情况作出有效监测，切实的避免因为油气泄漏对环境产生污染，同时影响管道企业的运输成本。

3 油气管道输送节能降耗方法

3.1 应用热处理技术对原油改性处理

在通过管道输送原油时，往往需要通过热处理技术对原油先进行升温。根据现行技术规范要求，在热处理时，其温度应达到 70℃。不过由于受到原油初馏点以及管道防腐材料质量性能特点等因素的制约，在热处理实践中的温度普遍出现低于 50℃ 的现象。加热温度的明显偏差导致原油管道能耗严重。因此，应采取利用改性原油在第一站进行热交换的方式控制温差，以减少热损失。另外，还应适当调整水力以及热力参数等，为实现压力以及热力越站奠定良好的基础，从而尽量降低能耗，提高原油管道输油能力。

3.2 应用交替输油工艺降低原油管道能耗

在原油管道运行过程中，应用冷热油交替技术能够有效降低能耗，节约资源。在应用该项节能技术时，应科学确定冷热油交替输送顺序，并根据原油管道停输以及再启动的特点进行非稳态热力与水力耦合模型的构建，以便对准确控制相关工艺参数，提高原油管道节能降耗消耗。目前，该技术已经应用于我国原油管道建设中，通过对该技术实践应用效果的分析发现，其能够有效减少燃料油用量，降低原油管道运行成本，节能降耗效果十分突出。

3.3 天然气管道运输过程中沿程摩擦阻力的控制和耗能

在天然气管道的运输过程中，为了有效地避免管道中存在的阻力，必须考虑管道壁的粗糙程度以及管道口径的大小。为了减少管道中存在的阻力，还要在管道壁内涂上一层防阻力的物质，以此减

少长输管道在运输的过程中所受的沿程摩擦力，增强天然气的运输效率。除了减少长输管道在运输过程中的阻力问题，还要注意到管道内的温度。如果管道内的温度过高，就会导致管道内的压力快速增高，增加生产的安全隐患。

为了保障天然气管道在运输的过程中良好的平均运行压力，要适时调整管道内的温度，达到降低压力和减少耗能的目的。为了实现这种设计目标，保障管道在运输时减少沿程摩擦阻力和减少耗能，专业技术人员需注重合理设置空冷器，并且还要实时监测耗能的情况。如果长输管道内温度的降低导致了使用的费用要低于空冷器在运行时的费用，说明降低长输管道温度的操作是正确的，表明确实降低了能源的浪费，达到了节能的目的。

3.4 在长输管道运行中要减少天然气的放空

在进行天然气管道运输的过程中，要注意减少天然气的放空，要定期定时进行优化清管的流程。为了能够降低对天然气耗能，要注意管道的长度，因为管道过长就会出现清管不彻底的情况。

为了避免反复清管的现象，应当设定科学合理的管道长度，使得工作人员在正常的清管过程中能减少工作量，同时还能够有效地保障了天然气的正常运输，降低能源成本，经常性进行清管也能保障管道在运输过程中的安全性。在优化天然气管道时，要考虑到多重因素，主要有管道的运输情况和用户的使用情况。为了能够降低管道对天然气的放空，使得天然气在运输的过程中放空达到最低值，就要求工作人员在事先操作时，优化管道的节能措施。与此同时，在实现优化管道的过程中，还要考虑整体的因素，再根据实际情况，进行一些调整。

3.5 长输管道成品油乳化防控措施

油品产生的乳化液会造成油品大量损失和质量安全风险。为了最大程度回收油品和减少经济损失，针对油品乳化成因可采取以下措施：

对于沿线地势起伏较大的管道，合理制定投产方案，投产前加强管道清管、低点积水扫除，投产过程中进行高点排气、控制管道流速，避免不必要停输，从而降低由于水、气阻、杂质、停输等引起油品乳化风险。另外，对于建成超过 6 个月未投运的管道，应对其及时进行干燥处理，必要时用注入氮气等方法进行保护，防止由腐蚀和细菌造成的油品乳化风险。

管道投产前需对预备柴油进行化验，防止管道中混入水外还需要保证预备柴油低含水、低含盐。

此外,由于炼厂出厂油品温度较高且添加抗磨剂易导致柴油遇水乳化,预备柴油应充分静置至环境温度,待化验及外观检测合格后进行管道发油,必要时选用低抗磨剂加量的柴油作为头油。

对已经出现乳化的油品可以采取较经济的处理方法,如沉降法。沉降法简单节能,适用于无加热、超声、过滤等装置的管道站场。在云南成品油管道大理站出现油品乳化后采取沉降处理,经 5~7 天,罐内油品的乳化现象基本消除。

3.6 变频调速技术在成品油管道增输节能中的应用

在成品油管道输送中,通常会使用变频调速技术进行优化运行,实验表明,针对优化前后 2 种管道的输送扬程进行计算,其计算公式为:

$$L = (P_2 - P_1) \rho G + V/2G + Z \quad (1)$$

公式(1)中, L 表示为管道输送扬程; P_2 表示为管道出口位置上成品油的压力; P_1 表示为管道入口位置上成品油的压力; ρ 表示为成品油的密度; G 表示为成品油在运输过程中产生的重力加速度; V 表示为成品油在运输过程中的流速; Z 表示为成品油进入管道与排出管道的高度差。

根据公式(1)计算得出 2 种管道在对成品油运输过程中的扬程,并在成品油输送里程的各个节点上对其扬程数据进行记录。成品油输送里程节点为 $1.0 \times 10^6 \text{km}$ 、 $5.0 \times 10^6 \text{km}$ 、 $10.0 \times 10^6 \text{km}$ 、 $15.0 \times 10^6 \text{km}$ 。根据上述内容,开展实验,并将最终得出优化前后 2 种管道的成品油输送扬程记录下来,如图 1 所示。在相同的成品油输送里程条件下,成品油输送扬程越高,则输油泵出口位置上的节流阀节流损失量越高;反之,成品油输送扬程越低,则输油泵出口位置上的节流阀节流损失量越低。根据上述理论可以进一步分析得出,成品油输送中的扬程越高,管道的增输节能效果越差;反之同理。

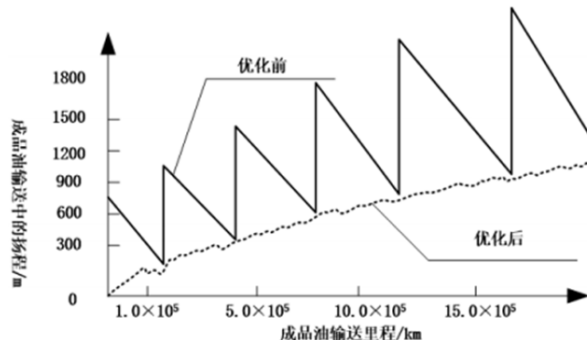


图 1 扬程距离对比结果

在上述理论基础上,从图 1 优化前后 2 种管道的扬程距离对比结果可以看出,随着成品油输送

里程的不断增加,优化前的管道扬程变化幅度十分明显,并且最高扬程超过了 1800m,严重不符合成品油管道运输的增输节能效果要求,而使用变频调速技术优化后的成品油管道扬程随着成品油输送里程的增加,呈现出缓慢上升的趋势,并且在 $15.0 \times 10^6 \text{km}$ 时成品油输送扬程仅为 1000m,能够充分满足成品油管道增输节能的设计需要,降低能源浪费。

通过上述综合论述分析得出,在引入变频调速技术的基础上,将优化后的管道应用于成品油加工与生产领域当中,可以为企业绿色节能发展提供重要技术支撑条件。

3.7 科学合理的设计管道

在开展管道施工前需要针对管线做出合理化的设计工作,不仅需要设计人员对施工现场作出有效勘察,将各种不同的地质环境以及其后环境进行系统考虑,针对可能产生腐蚀的因素选择出应对措施。另外,在开展石油运输的过程中最为关键的问题便是安全因素,需要设计人员有针对性地选择线材料,有效避免电化学腐蚀的情况出现。

3.8 创新石油工程

对于油气运输工作,均需要跟随时代的步伐,不断作出更新更好的选择,以此适应时代的发展需求。需要选择科学开展创新工作,组成研发团队加大科研资金和政策上的支持,对现有的运输工艺做出有效创新,才能够更好地促进行业不断进步。

4 结束语

总而言之,本文提出的油气管道节能降耗方法在实际应用中,可以起到降低油品中转次数、减少输油扬程损耗量、节约管道运输经济成本的作用。为市场内相关企业与有关单位的建设及其在市场上的可持续发展,创造更高收益与市场价值。

参考文献:

- [1] 林武斌,廖远桓,杨巍.长输成品油管道余压发电节能技术应用研究[J].水泵技术,2020(04):44-46+52.
- [2] 张长青.成品油长输管道工程设计节能分析[J].上海节能,2018(09):753-756.
- [3] 刁逢.成品油管道运行能耗规律及预测方法研究[D].北京:中国石油大学,2018.
- [4] 区启升.成品油管道增输改造技术研究[J].石化技术,2018,25(02):71-72+70.
- [5] 刘展宏,赵威.成品油管道优化运行技术[J].工程技术研究,2018(01):43-44.