

# 多种成品油顺序输送工艺优化

姜 飞 强 娜（延长石油（集团）管道运输第一分公司，陕西 榆林 718500）

**摘 要：**随着全球能源需求的持续攀升及市场对成品油品种多样化的迫切要求，多种成品油在单一管道中的顺序输送技术，在石油管道运输体系中扮演着愈发关键的角色。此技术能够实现在同一管道内按序传输不同种类的成品油，进而达到资源分配的最优化与高效利用。本文深度探讨了多种成品油顺序输送的工艺技术，细致剖析了影响该技术的核心要素，并提出了一系列旨在提升输送效率、缩减混油损耗及确保油品品质的优化策略。通过对工艺参数的精确调控与输送方案的革新设计，为成品油顺序输送的高效、稳定运行提供了坚实的理论支撑与实践指导。

**关键词：**成品油；顺序输送；工艺优化；混油控制

面对市场对各类成品油需求的多元化增长态势，多种成品油顺序输送已成为应对这一需求的常规手段。然而，此输送工艺亦面临着诸多挑战，诸如油品的混油控制难题、管道运行效率的提升需求、能源消耗的优化以及安全保障的强化等。传统的输送工艺在处理复杂的油品组合与多变的输送需求时，往往暴露出混油损失严重、切换操作烦琐、成本高昂等问题。鉴于此，优化多种成品油顺序输送工艺，以提升输送的经济效益与可靠性，已成为当前亟待解决的重要课题。通过深入探索与创新实践，力求在降低混油损失、提高输送效率、确保油品质量的同时，满足市场需求的不断变化。

## 1 多种成品油顺序输送的特点与挑战

### 1.1 油品特性差异

各类成品油因其独特的物理化学性质，如密度、粘度及挥发性等，而呈现出显著的差异性。汽油通常具有较低的密度与粘度，挥发性较强；相反，柴油则密度较大，粘度相对较高，挥发性较弱。这些特性差异在顺序输送过程中引发了一系列问题。密度的不同导致油品在管道输送时产生重力分异现象，重油（如柴油）倾向于沉积于管道底部，轻油（如汽油）则浮于上部，从而加剧了油品界面的不稳定性。粘度的差异则造成油品在管道中的流动阻力与速度分布不均，低粘度的汽油流速较快，而高粘度的柴油流速较慢，这在油品切换时增大了界面处的剪切力，易于引发混油现象。挥发性的不同亦对输送过程产生深远影响，挥发性强的汽油在输送中易于蒸发，导致油品组成与性质的变化，进一步增加了混油的风险。

### 1.2 混油控制难度大

混油问题是多种成品油顺序输送中的核心难题，它不仅降低了油品质量，还增加了后续处理的成本与

复杂性。混油的形成主要源于物理混合与分子扩散两种机制。物理混合是由于油品在管道切换点处的直接接触与湍流作用所致，而分子扩散则是由于分子的热运动导致的不同油品分子间的相互渗透。

输送速度对混油的影响尤为显著，高速输送虽能缩短油品在管道中的停留时间，从而降低分子扩散的程度，但亦可能加剧物理混合。管道直径的增大亦会增加油品的界面面积，进而提升混油的可能性。油品性质的差异，如密度、粘度及挥发性等，亦会显著影响混油的形成速度与程度，密度与粘度差异较大的油品间更易形成混油。

### 1.3 管道运行条件复杂

在多种成品油的顺序输送过程中，管道运行条件的多变性给输送带来了极大的挑战。压力的变化是其中的重要因素之一，管道沿线的地形起伏会导致压力的波动，特别是在爬坡与下坡段。压力的变化会影响油品的流速与流动状态，进而对混油的发展产生影响。在高压区域，油品的压缩性增强，可能导致密度与体积的变化，进一步影响油品的流动与混油情况。温度的变化同样不可小觑，环境温度的季节性变化以及输送过程中的热交换会使油品的温度发生变化。温度的升高会降低油品的粘度，增加其流动性，但亦可能加速分子扩散，促进混油的形成。管道的腐蚀与磨损会改变其内壁的粗糙度，影响油品的流动特性，对混油产生间接影响。管道的老化与维修状况亦会给输送的稳定性与混油控制带来不确定性。

## 2 多种成品油顺序输送工艺优化的关键技术

### 2.1 优化输送顺序

在多种成品油的顺序输送中，需综合考虑油品的特性与市场需求。油品的特性，包括密度、粘度、馏

程等,是决定输送顺序的关键因素。性质相近的油品相邻输送,能有效减少混油的产生。密度与粘度相近的汽油与柴油相邻输送时,由于它们在流动过程中的速度差异较小,从而降低了油品界面的扰动,减少了混油的形成。同时,市场需求亦是决定输送顺序的重要因素之一。需求量较大的油品应优先输送,以及时满足市场需求,减轻库存压力,并降低因储存时间过长而导致的油品质量变化风险。以夏季为例,汽油的需求量通常较大,将汽油优先输送能更好地保障市场供应。为实现最优的输送顺序,需构建精确的油品特性数据库与市场需求预测模型,通过对历史数据的深度分析与实时监测数据的整合,不断调整与优化输送顺序,以达到减少混油产生与降低处理难度的目标。

## 2.2 控制输送速度

在多种成品油的顺序输送过程中,输送速度的选择对混油量和整体输送效率至关重要。输送过快,管道内油品的湍流将加剧,混油量会显著增加,同时管道压力急剧上升,对管道系统安全构成严重威胁。反之,输送过慢也会带来问题,部分管段会形成不满流,这同样会增加混油量,影响输送效率和油品质量。此外,油品在管道内长时间停留易受环境温度、管道内壁吸附等因素影响,导致油品质量下降。为确保输送高效安全,需精心选择输送速度,综合考虑管道直径、长度、油品物理特性和输送设备性能等因素。借助先进数学模型和模拟分析技术,可预测不同输送速度下的混油情况和效率,科学确定最佳输送速度范围。实际操作中,应用变频调速技术精细调控输送泵转速,结合实时监测系统反馈管道内压力、流量等参数,及时调整输送速度,有效降低混油产生,最大化提升输送效率。

## 2.3 采用先进的隔离技术

机械隔离器是构建物理屏障的有效工具,其中,清管器与隔离球应用广泛。清管器,以高性能弹性材料如聚氨酯打造,展现出卓越的密封与耐磨特性。它能紧密贴合管道内壁,有效隔离不同油品,大幅降低混油现象。而隔离球,则通常采用空心金属或塑料构造,通过滚动或滑动于油品界面间发挥隔离作用,虽结构简单、操作方便,但隔离效果稍逊于清管器。为提升性能,需优化设计与选材,采用新型耐磨、耐油材料,改进形状结构,降低运行阻力和磨损。

## 2.4 优化管道设计

管道设计对油品流速、压力损失及混油产生量有显著影响。选择管径时,需综合考虑输送量、油品特性和输送距离。过大管径增加建设成本,过小则可能

提高流速,增加混油量和压力损失。因此,应依据实际情况精心选定管径:输送量大、粘度高的油品宜用大直径管道,以保证流速适中、压力损失小;反之,输送量小、粘度低的油品可选小直径管道,降低成本。

管道材质亦影响混油产生及使用寿命。常用材质有碳钢、不锈钢和合金钢。碳钢成本低但耐腐蚀性差,易致内壁腐蚀粗糙,增加混油。不锈钢和合金钢耐腐蚀性强、内壁光滑,可降低混油,但成本高。采用聚乙烯、聚四氟乙烯等防腐内衬材料,可进一步提升耐腐蚀性和光滑度。优化材质时,需全面权衡成本、寿命及混油产生量,选择最佳材质。

## 3 多种成品油顺序输送工艺参数的优化

### 3.1 确定最佳的输送批次和批量

在多种成品油的顺序输送过程中,合理确定输送批次与批量是确保输送过程高效、有序的关键。油品的供应与需求情况是首要考量因素。通过深入分析市场对不同油品的需求量及其变化趋势,并结合油品的生产供应能力,可为批次与批量的规划提供坚实的数据基础。同时,管道的容量也是制约批次与批量选择的重要因素。需充分了解管道的直径、长度、材质等特性,以确定其最大承载的输送量。若批次与批量过大,可能超出管道的安全输送能力,增加运行风险;若过小,则无法充分利用管道资源,导致输送效率下降。

混油处理能力也是影响输送批次与批量决策的关键因素。若混油处理能力较强,可适当增加输送批次和批量,提高输送效率;反之,则需谨慎规划,以减少混油带来的损失。因此,在优化顺序输送工艺参数时,必须充分考虑混油处理能力,通过精确的计算和模拟,找到最佳的平衡点,实现成品油输送的经济效益和质量保障的双重目标。

### 3.2 优化首末站的操作参数

首末站的操作参数对于成品油顺序输送的平稳性与高效性具有直接影响。其中,油罐的切换时间是关键参数之一。通过精确控制切换时间,可有效避免不同油品在油罐中的混合,从而减少混油的产生。为实现这一目标,需配备高精度的自动化控制系统,并制定严格的操作流程规范,确保在恰当的时机进行油罐切换。

泵的运行组合也是优化首末站操作参数的重要方面。根据输送任务的具体要求,如输送距离、输送量等,结合管道的特性,包括阻力系数、沿程压力损失等,需合理选择泵的类型、数量及运行方式。通过优化泵的运行组合,可确保输送过程中的压力与流量保持稳定,进而降低能耗,提升输送效率。同时,还需密切



关注首末站的其他操作参数,如阀门的开关时间、油品的加热或冷却温度等,以确保整个输送系统的协调、高效运行。

### 3.3 建立精确的数学模型

构建精细化的数学模型需全面融入油品的流动特性考量,诸如油品的黏度、密度以及流速等关键要素,它们对输送过程的影响不容忽视。同时,模型中还需深刻揭示混油的发展规律,即混油在管道中的扩散与混合机制。通过构建相应的数学表达式,可以精确预测混油段的长度及其浓度分布特征,进而为混油控制与批次批量的优化提供坚实的理论基础。管道的运行条件,包括地形起伏、温度变化及压力波动等复杂因素,亦需被纳入数学模型的综合考量范畴。对这些因素的深入分析与模拟,能够更贴近实际地反映输送过程中的参数变化动态。借助这一数学模型,研究人员可开展大量的方案模拟与对比分析,迅速锁定最优的工艺参数组合。同时,该模型还可为实际运行中的实时监测与动态调整提供有力的理论支撑,确保能够及时发现并解决潜在问题,从而保障输送过程的安全性、高效性与经济性。

## 4 混油处理与质量控制

### 4.1 加强混油检测

在成品油的输送流程中,混油现象的发生难以完全避免。为了有效应对这一问题,强化混油检测技术。先进的检测技术能够为后续的混油处理与质量控制提供至关重要的数据支持。密度检测作为一种常用的方法,通过精准测量油品的密度变化,能够准确判断混油的位置及其浓度。由于不同油品的密度存在差异,混油现象发生时,密度的变化便成为识别混油的关键指标。色谱分析技术能够精确分析出油品中的各类化学成分及其含量,从而实现对混油浓度分布的精准判断。实时监测技术的应用同样不可或缺。通过安装在线监测设备,可以实时获取混油的相关数据,实现对混油现象的持续监控。这不仅有助于及时发现混油问题,还能为迅速采取应对措施提供有力支持。为确保检测的准确性与可靠性,还需定期对检测设备进行校准与维护,确保其处于最佳工作状态。

### 4.2 优化混油处理方法

针对不同性质与浓度的混油,选择合适的处理方式。回掺与切割是两种常见的混油处理方法,它们各自适用于不同的场景。回掺即将混油重新掺入相应的油品中,但这一过程需严格控制回掺的比例与时机,以确保掺入后的油品质量仍能满足标准要求。在进行

回掺操作前,需对混油与原油品进行详细的分析与测试,明确其相容性与质量影响。同时,还需根据混油的浓度与性质,合理计算回掺的量,以避免对原油品质量造成过大影响。切割则是将混油按照不同的浓度段进行分离处理。这种方法能够更精细地处理混油,将不同浓度的混油部分分别进行利用或处理。在实施切割处理时,需采用精确的控制与分离技术,以确保各浓度段的混油得到有效分离。还需综合考量切割处理的成本与效益,力求在提高油品质量的同时,实现经济效益的最大化。

### 4.3 建立严格的质量控制体系

构建一套严格的质量控制体系,在采样环节,应遵循科学、规范的原则,确保所采集的样品具有充分的代表性。采样点的设置、采样的频率与数量均需根据输送管道的特点及油品的性质进行合理规划。在检测环节,应采用先进、准确的检测方法及设备,对油品的各项质量指标进行全面检测,涵盖密度、闪点、馏程、硫含量等多个方面。分析与评价环节则需由专业的技术人员对检测数据进行深入分析,全面评估油品的质量状况。对于不符合质量标准的油品,需及时采取措施进行处理,如重新调配、净化或降级使用等。同时,还需建立质量追溯机制,一旦发现质量问题,能够迅速追溯至源头,找出问题所在并采取针对性的改进措施。质量控制体系还应涵盖对输送管道、储存设施等硬件设备的定期检查与维护,确保其不会对油品质量产生不良影响。加强对操作人员的培训与管理,提升其质量意识与操作技能,同样是保障质量控制体系有效运行的关键环节。

## 5 结语

多种成品油顺序输送工艺的优化是一项复杂而系统的工程,需综合考虑油品特性、管道条件及工艺参数等多重因素。通过采用先进的技术手段与优化策略,可以显著提升顺序输送的效率与经济性,有效减少混油损失,保障油品质量。这为成品油的安全、高效输送提供了有力保障。

### 参考文献:

[1] 陆世平. 成品油管道顺序输送混油界面在线化预测应用研究 [D]. 中国石油大学(华东),2022.

### 作者简介:

姜飞(1981.1.6-)男,汉,陕西榆林,本科,中级工程师,研究方向:石油储运管理与油品输送工艺优化。

强娜(1993.5.10-)女,汉,陕西延安,本科,注册安全工程师,研究方向:安全工程技术、油品管输安全管理。