

Discussion on the Application of Nanoadditives in Crude Oil Tube Transportation

Shizhang Cui¹ Zongming Xiu¹ Liming Wang¹ Zhifeng Lv² Zhiwei Zheng²

1. Deshi Energy Technology Group Co., Ltd., Dongying, Shandong, 257000, China

2. Shandong Decheng Chemical Co., Ltd., Dongying, Shandong, 257000, China

Abstract

Chinese crude oil is mainly composed of waxy oil and heavy oil, and it needs to be transported through pipelines. However, due to the poor flowability and high viscosity of waxy and heavy oil under low temperature conditions, the transportation pressure is increased, and additives are needed to increase their flowability and reduce viscosity. However, traditional additives have mixed advantages and disadvantages, making it difficult to achieve ideal transportation effects. Nanomaterials have good surface and volume effects, and their integration with traditional additives can form new types of nano additives, effectively modify crude oil, and enhance pipeline transportation effects. The paper mainly analyzes the application points of nano additives in crude oil pipeline transportation, focusing on exploring the fusion application effect of nano materials with traditional materials such as pour point depressants, viscosity reducers, demulsifiers, and drag reducers. The aim is to further improve the fluidity of crude oil, strengthen its shear resistance, reduce pipeline transportation, and increase pipeline transportation volume.

Keywords

nano additives; crude oil pipeline transportation; application

试论纳米添加剂在原油管输中的应用

崔仕章¹ 修宗明¹ 王黎明¹ 吕志凤² 郑志微²

1. 德仕能源科技集团股份有限公司, 中国·山东 东营 257000

2. 山东德仕化工有限公司, 中国·山东 东营 257000

摘要

中国原油主要为含蜡油和稠油, 且需要利用管道进行运输。但是由于含蜡油与稠油在低温条件的流动性较差, 黏性较高, 加大了输送压力, 需要通过添加剂的方式, 增加其流动性, 降低黏性。但是传统添加剂优劣参半, 难以达到理想的运输效果。而纳米材料具有较好的表面效应、体积效应等, 将其与传统添加剂进行融合应用, 能够形成新型的纳米添加剂, 对原油进行有效改性, 强化管输效果。论文主要对纳米添加剂在原油管输中的应用要点进行分析, 重点探究纳米材料与降凝剂、降黏剂、破乳剂、减阻剂等传统材料的融合应用效果, 旨在进一步提高原油流动性, 强化其抗剪切能力, 降低管道运输, 增加管输量。

关键词

纳米添加剂; 原油管输; 应用

1 引言

随着中国石油开采业的高速发展, 原油管输量加大。而含蜡原油、稠油的黏性较大, 且流动性差, 容易凝结, 严重降低了运输量。因此, 需要同添加剂技术如利用降凝剂、降黏剂、减阻剂等的使用, 提高流动性, 降低运输阻力。但是传统原油添加剂具有较强的局限性, 如安全性不足、效果较差, 且能耗较高, 难以适应新时期原油管输需求。基于此, 需要对纳米材料进行优化应用, 利用其表面效应、体积效应

等, 与传统原油添加剂进行融合使用, 形成新型的纳米添加剂, 以便对原油进行有效改性, 提高流动性, 降低管输阻力, 促进原油管输事业的顺利发展。

2 纳米材料的应用优势

纳米材料主要是 0.1~100nm 的固体颗粒, 主要是位于原子簇和宏观物体交接区域的粒子。尺寸较小, 表面原子数量较多, 而且比表面积大, 通过性能突变, 呈现出特殊的物理、化学、力学等性能, 且光、电、热、力等性质较为特殊, 具有明显的表面积效应、小尺寸效应、量子效应、宏观量子隧道效应等。随着纳米技术的高速发展, 纳米材料在越来越多的领域得到广泛应用, 其是在润滑油、道路沥青、石油加工制作中发挥了重要的催化剂作用^[1]。通过纳米材料的应

【作者简介】崔仕章(1973-), 男, 中国山东滨州人, 硕士, 正高级工程师, 从事油田化学品研发及提高采收率技术研究。

用,能够提高润滑油耐磨性能,保障道路沥青高温稳定性,且能够提高石油综合利用率。而纳米材料在原油添加剂中的使用,可以对原油低温流动性进行有效性改性,且能够进一步提高降凝、降黏效果,提高改性原油的抗剪切性能,提高原油流动性,使其在各种状态下保持性能稳定性,实现管道运输的安全性和可靠性,避免出现蜡沉积现象,降低析蜡点,促进管输量的增加。例如,在大庆原油中使用纳米添加剂,可以有效提升降凝、降黏效果,很大程度上降低原油黏度,且能够降低凝点;还可以对大庆原油的流动性进行有效改性,提高低温流动性,强化动态、静态时效性,能够降低低温时原油内部结构强度,原油屈服值温度下降 9°C ,相对传统降凝剂的 14°C ,使用效果更佳。

3 纳米材料与传统添加剂的结合

3.1 降凝剂

中国生产的原油主要为含蜡油,且含蜡量较高,容易降低原油的流动性,且使其流变性行为更加复杂,不利于进行管道运输。在传统降凝剂的使用下,可以适当降低含有原油的凝点,增加流动性,但是部分降凝剂与原油性能需求不匹配,难以达到预期的降凝效果;此外,当降凝剂与原油中的蜡晶共晶后,会在很大程度上降低抗剪切能力,难以承受管输过程中的过泵剪切力和管流剪切力,致使其流动性更差;部分降凝剂的温度适应性较差,往往需要加热处理,才能发挥降凝剂的功能效用,确保原油流动性达到管输标准要求,但是这一过程中会消耗大量能源,在整体管输过程中需要持续性加热,致使添加剂油凝点、黏度出现较大反弹^[2]。其中,含蜡原油蜡结晶生长方向如图1所示。

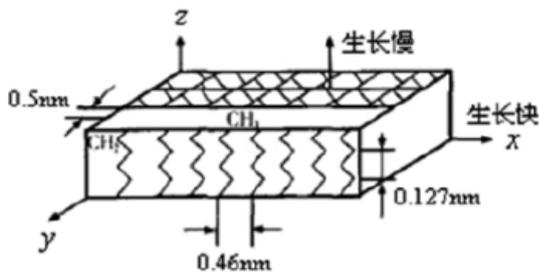


图1 含蜡原油蜡结晶生长方向

而纳米材料具有特殊效应,把纳米材料与EVA降凝剂按照特定比例进行混合,其主要结合途径为熔融方式,可以形成纳米降凝剂。其应用优势体现在:①传统降凝剂难以对部分含蜡原油进行有效性适应,但是纳米降凝剂可以在所有含蜡原油中进行使用。例如,部分油田生产的含蜡原油含有较多的胶质,这类物质对降凝剂的降凝效果具有较强的抑制作用,严重降低了含蜡原油的改性效果。而利用纳米降凝剂可以对该类胶质性能进行有效适应,确保含蜡原油的凝点降到理想效果,以便情况下其降凝幅度超过 15°C ,降凝效果良好。②在加剂量、温度条件相同的情况下,纳米降凝剂的

使用,可以增加原油蜡晶结晶峰宽度,且其ZcTa电位更高,蜡晶尺寸更小^[3]。由此可见,纳米降凝剂在原油析蜡点一下的抗剪切能力较强,从而提高原油抗剪切能力,避免蜡晶结构受到损坏。③在加剂量相同的情况下,使用纳米降凝剂的温度适应性较强,在使用过程中不需要太高的温度,及时反复加热,其降凝效果仍然比较好,且能够保障添加剂性能的稳定性。其中,纳米降凝剂的具体应用效果如图2所示。

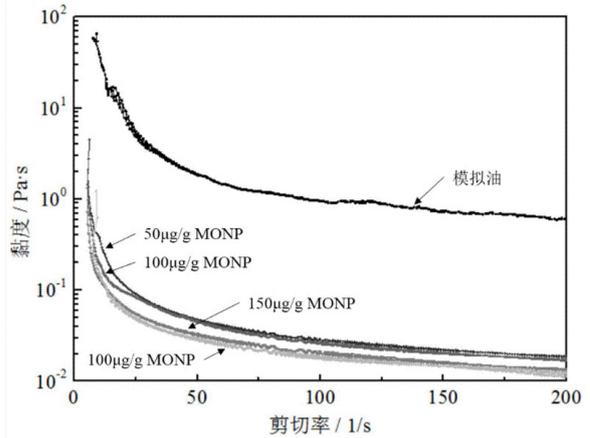


图2 纳米降凝剂的应用效果

3.2 降黏剂

稠油是中国出产原油的主要类型之一,但是由于该类原油中的胶质、沥青质含量较多,黏度较高,加大了开采难度,且管道输送过程中阻力较大。因此,中国在以往原油开采中主要以含蜡原油为主,但是随着经过长时间的开采,石油储备量日益减少,开采量降低,越来越多的开采企业把目光投向储量丰富的稠油,而如何降低稠油的黏度成为未来石油开采行业的研究重点。在以往的工作中,主要是利用乳化降黏剂、油溶性降黏剂为主^[4]。前者主要类型为表面活性剂,通过对该物质的使用,可以把稠油转化为水包油型乳状液,这样可以在很大程度上降低稠油黏度,但是会降低输送效果,且在使用过程中容易引起原油破乳等问题,影响原油质量;后者可以直接加入稠油中,以便对其黏度进行控制,但是加剂量较大,降黏效果不理想。其中影响降黏效果的主要因素为相对分子质量,而纳米级聚合物可以对降黏剂分子链长度进行有效性抑制,形成新型的纳米降黏剂,从而进一步提升降黏效果。主要是因为纳米材料检验特殊的表面效应和成核效应,能够把降黏剂长链分子引入到其表面,使其对稠油中的胶质、沥青质产生作用,形成氢键,阻碍胶质聚团,从而有效发挥其降黏效果。添加剂量较少,而且应用较为灵活,能够结合稠油的实际情况,制备针对性的纳米降黏剂,从而满足降黏效果^[5]。

3.3 破乳剂

在现代化科学技术支持下,中国采油技术日益提升,但是原油采出水几率加大,这样一来,原有采出液的成分逐渐复杂化,加大了脱水破乳难度。传统的脱水破乳剂难以适

应越来越复杂的破乳要求,不能达到理想的脱水破乳效果,因此需要结合市场实际需求态势,研究新型的破乳剂,从而满足日益提高的质量要求^[6]。在此背景下,可以对纳米材料进行优化应用,对纳米二氧化硅表面效应进行合理应用,并将其与聚醚破乳剂进行融合,实现有效改性,形成新型的纳米破乳剂,该类物质的破乳能力较强,且具有较强的扩散渗透能力,湿润性较高,而且水珠凝结速度较快,可以确保脱出的水更加清澈,进一步提高原油脱水效果,强化原油管输水平。

3.4 减阻剂

减阻剂的使用,可以进一步提高管道对原油的运输量,有效控制输送压力,促进油品管输的安全进行,且在该过程中可以降低能耗,强化节能效果。传统的减阻剂往往是长链聚 α 烯烃,这是一种带有短侧链的高相对分子质量。在该类物质应用中,可以通过其自身分子链的弹性变形功能,对流体进行有效性抑制,并进行微团径向脉动操作。通过这种方式,可以在很大程度上降低油品流动中形成的摩擦,从而减少能量损耗,避免对油品流动造成太大的阻力,降低运输压力。但是该类聚合减阻剂在使用过程中会降低剪切力,而且不可逆转,很大程度上降低了减阻效果^[7,8]。当前随着纳米技术的高速发展,可以实现纳米二氧化硅粒子的表面改性,形成新型的纳米减阻剂,从而有效提升对原油的减阻效果,且能够很大程度上控制其抗剪切性,避免对原油抗剪切能力操作损坏。纳米复合减阻剂的减阻率较高,初始减阻率一般可以控制在25%左右,即使经过长时间的剪切减阻过程后,也可以将其减阻率控制在15%左右。在经过多次离心泵剪切后,其减阻率可以控制在40%以上,由此可见该类减阻剂的抗剪切能力较高。通过纳米技术的应用,能够进一步降低管道输送过程中的能源消耗,强化节能效果,在未来的应用空间较为广泛。

4 结语

综上所述,随着纳米技术的高速发展,纳米材料在越来越多的领域发挥了重要作用。其中,把纳米材料与传统原油添加剂进行融合应用,能够对原油添加剂性能进行有效性改性,如形成新型的纳米降凝剂、纳米降黏剂、纳米减阻剂等。纳米添加的广泛性使用,可以进一步提高添加剂的适用性,提高抗剪切能力,降低析蜡点,增加原油流动性,保障原油在管道运输中的安全性;且能够增加稠油降黏剂的选择性,能够提高破乳能力,降低管道运输过程中的能源消耗,减少管输阻力,提高输油管道的安全性与高效性,为石油开采事业的可持续发展提供强大的技术支撑。

参考文献

- [1] 刘李繁星,盛晨兴,饶响.改性纳米h-BN润滑油添加剂对缸套-活塞环摩擦学性能的影响[J].润滑与密封,2023,48(11):200-208.
- [2] 李国涛,何强,许泽华,等.KH550修饰纳米莫来石对聚脲润滑脂摩擦学性能的影响[J/OL].表面技术,1-9[2023-12-07].
- [3] 谢龙,卢智聪,孔晓伟,等.ZnS纳米添加剂对复合钙基润滑脂润滑性能的影响及作用机理研究[J].宝鸡文理学院学报(自然科学版),2023,43(3):41-47.
- [4] 马尊严,马利杰,毛信辉,等.纳米颗粒添加剂对切削油摩擦学性能的影响[J].工具技术,2023,57(9):57-63.
- [5] 辛迎春.高含蜡原油流变性和黏温特性研究[J].山东化工,2023,52(16):55-57+61.
- [6] 余博,舒锐,李敏,等.适用于西非ZD原油管输的降凝剂研究[J].化学与生物工程,2021,38(1):51-54+68.
- [7] 谢意蔚.纳米添加剂在原油管输中的应用[J].河南化工,2019,36(11):3-5.
- [8] 张劲军.易凝高粘原油管输技术及其发展[J].中国工程科学,2002(6):71-76.