

长距离混合管道输送对航空煤油水分分离指数的影响研究

周骥飞（中国石化海南炼化化工有限公司，海南 洋浦 578101）

摘要：本文针对长距离管道混合夹输航空煤油（航煤）过程中出现的水分分离指数下降问题，系统排查了多个潜在影响因素，包括航煤添加剂的种类与用量、原料性质、航煤的碱性氮含量、微生物污染程度、航煤在管道内的存放时间，以及混合管道与专用管道输送方式的差异。通过综合分析，本文确定了导致航煤水分分离指数在长距离混合管输过程中降低的主要原因，并据此提出了一系列针对性的有效应对措施，旨在提升航煤的输送水平，为客户提供高质量航煤产品。

关键词：航煤；管输；水分分离指数；抗静电剂；碱性氮

0 引言

随着工业化和城市化进程的加速，消费市场对成品油的需求不断增长。传统的运输方式，如公路、铁路和水运，在满足大规模、长距离的成品油运输需求时存在诸多局限性。管道运输作为一种高效、安全、经济的运输方式，逐渐成为成品油运输的首选。成品油管线输送的发展史可以追溯到19世纪中叶，随着焊接技术的诞生和无缝钢管的应用，管道建设得到了飞速发展。特别是第二次世界大战期间，由于战争的需要，美国等国家大量建设了长距离、大口径的输油管道，以保障战时能源供给。随着石油工业的发展，管道运输逐渐成为一种重要的输油方式。我国成品油管线输送虽起步较晚，但发展迅速，新中国成立后，随着石油工业的发展，1977年建成了我国第一条成品油管道，随着经济的快速发展和能源需求的增长，我国成品油管线输送进入了快速发展阶段。特别是进入21世纪后，我国相继建设了多条长距离、大口径的成品油管线，如兰成渝成品油管道、华南成品油管道等等。近年来，随着自动化控制、顺序输送、泄漏检测等先进技术的应用，使得成品油管线输送更加安全、高效、环保。目前，成品油管线输送的品种多、规模大，实现了化工产品和成品油的顺序输送，针对输送性质差距较大的两种油品时，多采用隔离输送方式。管输过程对于输送混油界面多采用计算机进行批量跟踪，界面检测方法主要采用标示法和特性测量法，其中采用特性测量法居多，尤以密度测量法最多，结合生产需要，为了提高检测的精度，常采用多种方法组合检测。

某公司有1#和2#两套航煤加氢装置，生产的航煤产品一同进入产品罐进行储存。为满足市场需求，做到节约投资、降低产品运输成本，并快速形成航煤

运输保障能力，在充分借鉴国内管输送经验基础上建成一条长距离成品油输送管道至厂外油库，该输送管道全线采用单管密闭工艺，主要输送0号车用柴油、95号车用汽油、92号车用汽油、航煤4种油品。管输工作自投用后，各产品质量稳定。然而，近期在成品油管线输送过程中，出现航煤产品到达目的地航煤罐后，水分分离指数大幅下降情况。因此，结合实际生产情况，开展了相关分析工作。

1 航煤水分分离指数影响因素

水分分离指数(MSEP)是评定喷气燃料洁净性的一项指标。喷气燃料中过量的表面活性物易导致油水不易分离、水分不易沉降等问题，从而影响产品的MSEP。当喷气燃料加注到飞机油箱中时MSEP低将影响飞机燃油系统脱水效果，在高空低温状态下极易导致燃料结冰，严重时可引起发动机熄火，造成飞行事故。因此，航煤中的水分分离性能对飞机的安全运行至关重要，通过检测水分分离指数能够确保燃料的质量和性能达到使用要求，水分分离指数高代表着燃料的洁净性较好，被表面活性物质污染的程度较低，燃料通过过滤性聚结器时脱除悬浮水（乳化水）的能力较强。反之，说明燃料中的水分和表面活性物质难以通过简单的沉降或过滤方法去除，降低滤网油膜的表面张力，影响过滤效率，加剧发动机的磨损，缩短其使用寿命。可能导致飞机燃油系统中水分含量增加，进而在低温条件下结冰，阻塞燃油管路，影响燃油的正常供应。严重时，甚至可能引发发动机熄火，造成飞行事故，造成储存过程细菌生长等问题。

1.1 航煤添加剂对水分分离指数的影响

航煤主要由烃类化合物组成，由于环保要求的提高，硫、氮等物质在生产过程中得到脱除，使得其导电性进一步下降，航煤在储存、运输、加注过程中由

于介质间摩擦,电荷分离集聚,达到一定能量后会导致起火、爆炸等安全事故。因此在航煤中需要加注抗静电剂。为了提高燃料的润滑性,减少燃料泵及发动机相关部件的磨损,保障飞行安全,对航煤加注抗磨剂,其在一定程度上可以提高燃料的燃烧效率和环保性。

对 1# 加氢航煤及 2# 加氢航煤分别添加抗静电剂及抗磨剂进行比对,抗静电剂加入量为 0.85mg/L,抗磨剂加入量为 12mg/L。从图 1 中可以看出,单独添加剂抗磨剂对加氢航煤的水分分离结果有轻微影响,同时加入抗静电剂与抗磨剂后水分分离指数的变化巨大,反映出抗静电剂和抗磨剂的交互叠加所致,抗静电剂与抗磨剂与加氢航煤中含有的某些组分相互作用,从而形成更强的表面活性物质,导致水分分离指数严重下降。

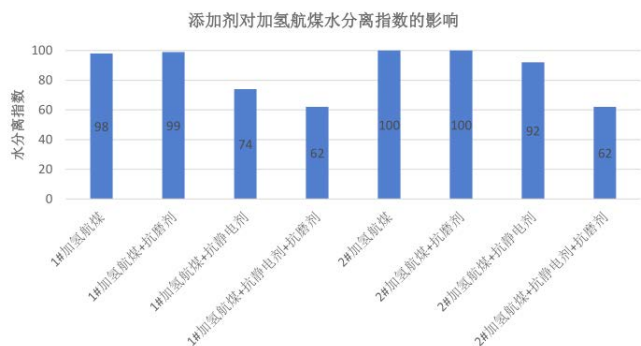


图 1 添加剂对加氢航煤水分分离指数的影响

1.2 原料性质对水分分离指数的影响

不同原油品种具有不同的理化性质。管输航煤水分分离指数异常期间,常减压装置加工原油为航煤加氢装置提供原料,其中三种原油长期加工,两种原油为近 2 年新增加工油种,且氮含量较高。

高氮原油加工期间,1# 加氢航煤碱性氮含量由 2.2mg/kg 增加至 5.1mg/kg,2# 加氢航煤碱性氮含量由 1.7mg/kg 增加至 4.1mg/kg,航煤成品罐水分分离指数呈明显下降趋势,与高氮原油加工时间相吻合,从对应情况判断原油性质可引起水分分离指数异常。

1.3 碱性氮对水分分离指数的影响

通过实验验证,航煤中含有的碱性氮类物质会与抗静电剂中的活性成分相互作用,继而衍生出全新的表面活性物质,降低航煤中微量水的张力,增加油水乳化程度,从而降低油水分离的性能。对近两年加氢航煤装置碱性氮含量进行分析,加氢航煤碱性氮相比上一年明显增加,且与水分分离指数异常发生时间基本吻合,因此将碱性氮对水分分离指数的影响作为首要因素。

1.4 长输管线内壁附着物对水分分离指数的影响

在输送顺序为汽油-航煤 1-航煤 2-航煤 1-柴油的长距离混合管输过程中,汽油、柴油中抗静电剂等极性物质易附着在管壁上。当航煤在管输过程中将汽油、柴油管输附着在管壁上的抗静电剂等极性物质洗涤至航煤中,并与航煤中含有的碱性氮类物质相互作用衍生出全新的表面活性物质。航煤 1 主要来自加氢裂化装置,其反应深度高、碱氮含量低,航煤 2 主要来自航煤加氢装置,航煤 2 的芳烃含量高于航煤 1,密度小于航煤 1,溶解洗涤能力较航煤 1 更强,导致航煤 2 油头处水分分离指数出现大幅度下降情况。

比对管输过程中电导率变化情况,水分分离指数出现大幅度下降阶段航煤电导率的损失较小,详见图 2。进一步证明吸附在管壁上的汽、柴油抗静电剂进入航煤中,弥补了该阶段航煤电导率的损失,进而影响航煤 2 油头处水分分离指数。



图 2 水分分离指数与电导率损失量对应关系

1.5 航煤在管道内存放时间对水分分离指数的影响

在实际管输过程中,因受罐容不足等因素影响,管输航煤过程中暂停输送,致使航煤在长输管线中存留约 21 个小时,收油工作分两次完成。发油罐水分分离指数 96,第一次收油结束收管道航煤水分分离指数降低到 81,第二次接收在管线中存留 21 小时的航煤进入首罐后水分分离指数接 70。因此推断航煤长时间贮存在管线中增加了航煤与金属的接触面积及接触时间,导致管线中航煤产品质量发生变化,收油罐水分分离指数大幅降低。

2 对策及效果评价

2.1 加氢航煤装置提温

鉴于提温对碱性氮化物脱除有明显效果,为增强碱性氮脱除效果,提高航煤馏出口产品水分分离指数,1# 航煤加氢装置反应温度由 260℃ 提升至 270℃;2# 航煤加氢装置反应温度由 255℃ 提升至 267℃。两套航煤加氢装置提温后,加氢航煤碱性氮降低,管输航煤到站后的水分分离指数有明显提升。说明装置升温提高反应温度,降低航煤中碱性氮含量,对混合管输航

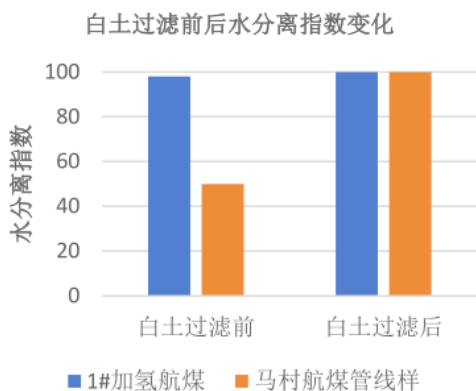


图 3 (a)

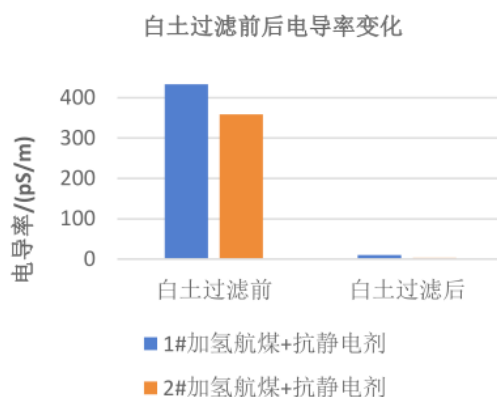


图 3 (b)

图 3 白土过滤前后水分离指数及电导率变化

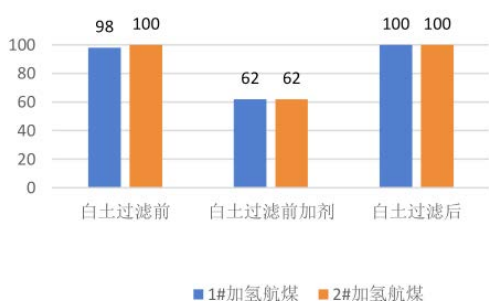


图 4 (a)

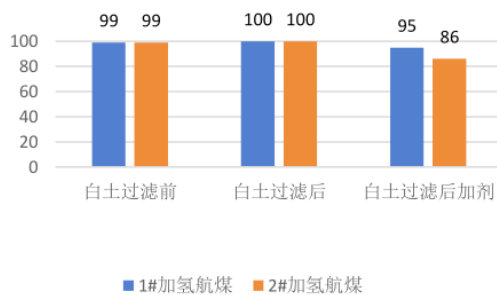


图 4 (b)

图 4 白土过滤前后加剂水分离指数变化

煤水分离指数有益。

2.2 装置提温对航煤磨痕的影响

由于民航不添加抗磨剂，考虑到装置提温会对民航磨痕产生影响，在装置提温期间同时监测民航磨痕直径变化，装置提温前后民航磨痕直径分析结果无明显波动，均在合格范围内。因此在当前的提温幅度下，即保证了碱性氮脱除的效果，同时又不会对民航磨痕产生影响。

2.3 增设白土过滤装置

对1#加氢航煤及航煤管输样品进行白土过滤，白土过滤后水分离指数能达到最佳效果。白土过滤后，水分离指得到提升，碱性氮含量及电导率明显下降，其他数据无明显变化。可见白土对航煤中抗静电剂及碱性氮有一定的吸附能力。

由于白土对抗静电剂具有较强的吸附作用，为保证航煤电导率符合指标要求，因此对加剂及白土过滤先后顺序进行了试验探究，实验结果见图4。实验表明，加氢航煤未经过白土过滤直接加入添加剂后水分离指数会出现明显下降；经过白土过滤后再加入添加剂水分离指数有下降趋势，但下降幅度不大，因此综合考

虑建议白土过滤装置设于添加剂加入之前。

由于民航不添加抗磨剂，考虑到装置提温会对民航磨痕产生影响，在装置提温期间同时监测民航磨痕直径变化，装置提温前后民航磨痕直径分析结果无明显波动，均在合格范围内。因此在当前的提温幅度下，即保证了碱性氮脱除的效果，同时又不会对民航磨痕产生影响。

3 结论

①研究此次管输航煤水分离指数降低主要原因是原油中氮含量高，导致航煤产品碱性氮含量偏高，碱性氮与附着在管壁上的抗静电剂等极性物质相互作用生成新的表面活性剂，使水分离指数降低。

航煤长时间存放在混输管线中，会加剧这种现象的发生；②加氢航煤装置提温及通过白土过滤可加强对碱性氮的脱除，对航煤产品性质有较好的改善；③在现有航煤加氢装置系统压力无法增加的情况下，适当提升系统反应温度对碱性氮脱除效果有所改善。

参考文献：

- [1] 吴锦滨. 航煤管输质量指标影响因素解析及对策 [J]. 华东科技 (综合), 2019(12):2.
- [2] 韩东, 刘静, 左志恒, 等. 西南某管道顺序输送航煤质量指标分析 [J]. 油气田地面工程, 2019, 38(9):7.
- [3] 张冬梅, 张怀安, 曹文杰, 等. 喷气燃料热安定性对飞机发动机的影响 [J]. 航空制造技术, 2008(13):91-93.
- [4] 冯连坤, 任红涛, 陈晓华. 航空煤油水分离指数影响因素分析及对策 [J]. 石化技术与应用, 2020, 38(5):325-327, 331.
- [5] 尹彤华. 3号喷气燃料水分离指数影响因素与对策 [J]. 炼油技术与工程, 2018, 48(6):28-32.
- [6] 王晓哲. 劣质原油加工航煤的技术分析与应对措施 [J]. 石油化工技术与经济, 2010, 26(5):10-13.