Hans Journal of Chemical Engineering and Technology 化学工程与技术, 2021, 11(2), 82-87
Published Online March 2021 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/hjcet
https://doi.org/10.12677/hjcet.2021.112011

进口原油运输损耗成因分析

徐　倩

中国国际石油化工联合有限责任公司，北京
Email: keven.blue@163.com

收稿日期：2021年2月5日；录用日期：2021年3月22日；发布日期：2021年3月29日

摘　要

我国是世界第一大工业国，对能源消费的需求量极大，但本国能源供应存在缺口，高度依赖外部供应。根据海关与中国石油经济技术研究院的数据，2020年，我国石油表观需求增至1343万桶/日，原油进口量为1087万桶/日(5.42亿吨)，石油对外依存度已经上升到73.5%。进口原油的运输的方式以船运为主，其比例占总进口量的90%以上，而在国内卸港时储罐与长输管道的二次储运已经成为进口原油运输到炼厂的主要形式。降低进口原油的运输损耗，对于促进运输成本的降低具有积极意义。本文主要分析了进口原油运输损耗的原因，为进口原油相关交接执行、计量人员提供参考。

关键词

进口原油，海运，损耗

Analysis on the Causes of Transportation Loss of Imported Crude Oil

Qian Xu

China International United Petroleum & Chemicals Co., Ltd., Beijing
Email: keven.blue@163.com

Received: Feb. 5th, 2021; accepted: Mar. 22nd, 2021; published: Mar. 29th, 2021

Abstract

China is the world's largest industrial country, which has a great demand for energy consumption, but its supply is highly dependent on external supply due to limited domestic production. According to the data of the customs and China Petroleum Economic and Technological Research Institute, in 2020, China's demand for crude oil increased to 13.43 million barrels/day, the import vo-

文章引用: 徐倩. 进口原油运输损耗成因分析[J]. 化学工程与技术, 2021, 11(2): 82-87.
DOI: 10.12677/hjcet.2021.112011

lume of crude oil was 10.87 million barrels/day (542 million tons), and the dependence on foreign oil rose to 73.5%. The transportation of imported crude oil is by crude tankers, which accounts for more than 90% of the total import volume. In the domestic discharge ports, shore tanks and long-distance pipelines have become the main mode of transportation of imported crude oil to refineries. Reducing the loss of imported crude oil is of positive significance to reduce the transportation cost. This article mainly analyzes the reasons for the loss of imported transportation and provides reference for the implementation of imported crude oil related handover and measurement personnel.

Keywords

Imported Crude Oil, Transportation, Loss

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

原油作为不可再生资源，在国家经济发展中具有重要的战略意义。根据海关与统计局数据，1993 年，中国成为石油产品净进口国；1996 年，中国原油进口量首次突破 2000 万吨。2017 年，中国原油进口量 4.188 亿吨，超越美国成为全球最大的原油进口国，进口依赖度为 67.8%。2020 年，中国原油进口量 5.42 亿吨，石油对外依存度已经攀升到 73.5%。从石油的产地以及消费地区分布的差异来看，目前海运油轮仍是中国进口原油的主要运输方式(见图 1)，而原油到港后原油大都会经过二次储运，通过港口岸罐，长输管线运输到炼厂，之间损耗在所难免，因此，有必要对进口原油运输损耗的情况进行深入分析探讨，防治原油不必要损耗。

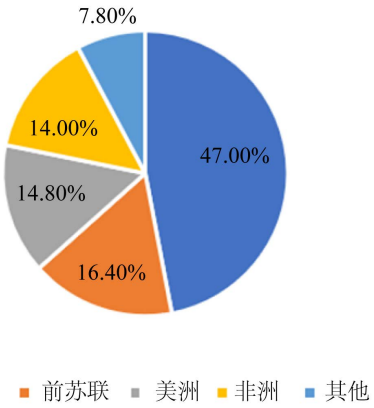

Figure 1. Sources of China's imported crude oil in 2020 (by region)
图 1. 2020 年我国进口原油来源(分地区)

2. 原油本身性质差异

原油本身品性存在差异是导致卸港损耗的重要因素之一。

2.1. 石蜡基原油，重质原油易挂壁

众所周知，原油是从地下开采，具有特殊气味的粘稠性油状液体。是烷烃、环烷烃、芳香烃和烯烃等多种液态烃的混合物。按组成分类的话，可分为石蜡基原油、环烷基原油和中间基原油三类；按比重分类，可分为轻质原油、中质原油、重质原油以三类。不同原油品质各异，倾点可相差 60℃，运动粘度相差近 50 倍。石蜡基原油含蜡量较高，凝点高，比如利比亚的萨里尔原油，印度尼西亚的辛塔和韦杜里原油等等，凝点可达 30 度以上。这些原油在卸货过程中，受船舱结构与环境温度的影响，可导致原油附着在船舱内壁，增加卸载损耗。此外，一些重质原油，由于油泥含量高，粘度大，例如墨西哥的玛雅原油，在运输过程中会发生油泥的沉降，在卸货时也容易导致舱壁，舱底有油泥附着导致油舱卸油不完全，卸货量损失。

2.2. 部分原油含水较多

根据不同油田情况以及开采技术，原油在开采中需要向油田注水加压，以便把原油从地下开采出来，因此原油在被抽上来时候也会把水一起带上来。此外，巴西有相当部分原油为深海盐下油田，因此在开采中也会含有一定量的水，形成油包水或水包油的状态装到船上。原油以含水状态出具提单，数质量证书等单据。从装港到国内卸港的 20 天甚至远者 50 天的行距中，由于密度不同产生油水分离，水从原油中析出，情况严重时，巨型油轮装载 190 万桶原油，可析出 1.2 万桶明水，比重达 0.6%。进口方以提单量作为支付货款与运费的基础，既造成了进口原油一程损耗的增加，又导致卸港时码头油库需要脱水，沉降存放时间较长，造成额外成本。

3. 计量误差

目前装港原油交接最常见的是油罐交接，国外油轮装港提单量和国内大型油库中转出库大多采用该方式，该方式下，第三方商检检尺、取样、实验室分析作为确定量值的基础。在该过程中，量油尺本身的误差、取样点是否合理、密度和含水分析的仪器误差、人工读数和仪表刻度的读差，都会对交接计量结果造成影响[1]。此类影响应不超过 0.25%。

对于国外个别区域装港，比如个别美国港口，由于有时候岸罐内原油收发并非静态，原油交接也会采用流量计交接的方式。标准所指流量计，包含质量流量计，可直接测量质量；也包括容积流量计，如刮板流量计、双转子流量计等通过测量体积再经过人工化验分析，间接得出质量的仪器[2]。在正常使用过程中，流量计各处间隙适当，漏矢量处于正常范围，然而经过长时间使用，流量计出现磨损，活动部位的间隙更大，活动范围更加灵活，影响通过量的传递速度，从而影响流量计的精度[3]。此外，容积流量计由于取样、化验分析环节的存在，不可避免存在密度、含水测定的误差。这种测量的综合计量误差应不大于±0.35%。因此在装港时，贸易商通常会同时测量船上接收量与流量计量进行对比，如果数量相差超过 0.3%，会在合同约定交接量的调整方式。

4. 船舶结构与装卸操作影响

4.1. 船舶经验系数对交接计量影响

对于一些过驳操作船只与个别国家，区域原油交易，为减小船况与环境临时造成的影响，得到尽量精准合理的数据，原油交接以船舶接受量加装货船舶经验系数(Vessel Experience Factor: VEF)调整进行计量修正，因此船舶经验系数对于货物总量有直接影响。目前，国际巨型油轮采集的数据以最近 20 个航次以上资料为基础。统计船舶经验系数 VEF，可以使用最少五个可接受航次(剔除个别非典型航次)的数据。正常情况下，航次越多，所确定的船舶经验系数 VEF 的可信度就越大。船舶经验系数的存在一定程度上

可以反映岸罐交接计量和船舱计量的扩展不确定度的差异。

4.2. 油轮船体在海面发生拱垂变形对船舱油量测量的影响

船舶漂浮在水中所受到的外力，是整个船舶垂直向下的重力与海水作用于船舶向上的浮力，整个船舶的总重力与总浮力总是平衡的。为保持船舶平衡与满足卸货顺序，油轮每次载运货物的各船舱分布和船用物料的存放位置不同，因此，造成船舶各个部位受力不均衡，同时由于各个受力下船舶发生自然变形，因此造成了船舶沿船长方向的弯曲变形，致使船体发生中垂状态与中拱状态现象(见图 2)。大型船舶的拱垂变形影响了船体结构的改变，从而导致船体形成几何形状的改变，造成计量误差[4]。

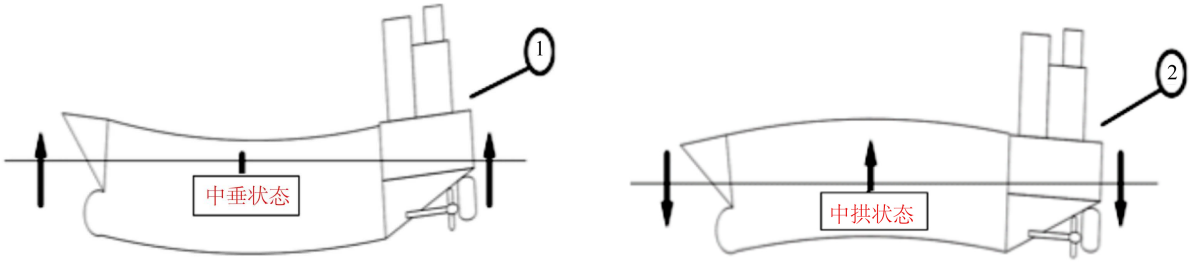

Figure 2. Uneven state of oil tanker under imbalanced forces
图 2. 油轮受力不均衡的拱垂状态

4.3. 空舱装油

油轮最后一次出船坞时，比如大修或者新船出厂，舱底无剩余油品，舱壁干净；卸油后原油挂壁，存在底舱油脚无法卸净，产生损失。

4.4. 船方卸油操作和船上设备影响

在接卸过程中，船方人员是否配合接卸与设备完备是重要影响因素。在监卸过程中，船方是否将邮轮管线的原油进行吹扫，是否在卸货前与接卸方充分沟通卸货计划，以保证合适的卸货顺序，以及足够的原油可以卸净底舱。此外，一些老旧邮轮的加温系统服役时间较长，大修时通常不会进行改造。如果对舱底和舱壁的加热效果不足，容易造成舱底无法卸净和挂壁损失。

5. 二次储运损耗

5.1. 中转储罐集输损耗

原油在卸港岸罐储存过程中，随着外界气温、压力在一天内的升降变化，罐内气体温度、油品蒸发速度、油气浓度和蒸汽压力也随之变化。当温度升高时，罐内油气体积膨胀，部分油气蒸发出罐外，当温度降低时，罐内油气减少，罐外部分空气进入罐内。一般来说，油罐中装油量越少，相对蒸发损失越大。而岸罐收油作业时，油罐进油时，由于油面逐渐升高，气体空间逐渐减小，罐内压力增大，当压力超过呼吸阀控制压力时，一定浓度的油蒸气开始从呼吸阀排出，直到油罐停止收油，所排出的油蒸气造成油品蒸发的损失[5]。

国内港口大多为公共港口，如年接收量超 2000 万吨的港口，宁波-舟山，青岛，日照，大连，天津等等，因此在码头中转时，码头与储罐担任原油集输过程中脱水、脱盐、脱硫等处理过程，以及污油污水与轻烃的回收任务[6]。对于脱水难度大、密度高、运动粘度大的原油集输处理，通常都需要提高原油集输温度，这样一来会进一步加剧原油的蒸发损耗。

此外，根据不同原油卸港顺序，难免会有同一储油罐存放不同品种的原油、油品置换等等，都会产生一部分混油，频繁的二次周转导致部分原油黏附在储油罐壁上，从而造成原油总量的误差与损失。

5.2. 管输损耗

进行管道运输时，存在众多导致原油泄漏、挥发的因素，原油损耗在所难免。例如，管道的破损泄漏、输油泵阀门盘根填压得不严或连接不严泄漏、管道腐蚀穿孔、清管等原因导现油量损失[7]。此外，人为的操作事故造成管道破坏、管道缺乏定期检修造成管壁沉积、管道密封性破坏等。这些因素都会导致原油从管道中泄漏。

6. 环境影响

6.1. 海水浮力与液面动态修正影响

装卸过程中，由于船舶漂浮在水面上，计量操作受潮水的波动影响，只能在动态静态交替情况下进行。尤其在加勒比，美湾，巴西海域，一些船舶需要将原油从小型船只过驳到巨型油轮上，这些情况海况的不稳定对于加大了环境对计量的影响。同时，为了安全运行，在原油装载后每个船舱都会进行惰性气体充压，从而使舱内油品液面产生蒸汽压造成液面不稳定，以上因素都给计量带来较大的不确定性。

6.2. 环境温度的影响

我国进口原油将近 80%来自中东，非洲，美洲，航程从 20 天到 60 天不等。在油轮长时间海上航行中，油轮的环境温度会发生变化，油舱温度与舱内蒸汽压力随之变化。由于原油具有挥发性，一般白天气温高时舱内原油蒸发量大，为避免舱内压力过大，船员需要通过开启阀门释放货油舱压力，通常白天要放 1~2 次，在此过程中，油气释放，因此造成原油轻组分的挥发损失。

7. 降低损耗影响应对措施

7.1. 了解原油品质，提前做好备案

从原油采购阶段，提前了解原油的倾点、粘度、历史含水量等品质状况，根据原油不同的品质情况，进行相应执行操作。比如对于倾点高的石蜡基原油，进行装港倾点检测，提前与码头、船方沟通，做好卸货方案，同时进行航程中温度监测，卸港的温度控制，以减少卸货时船舱内挂壁量。

对于历史明水量较高的原油，加强航程中明水检测，并与卸货码头、收货人提前沟通，做好脱水方案，同时在明水较高时(通常为大于 0.25%)，及时向保险公司发起索赔，以减少短量损失。

7.2. 专业计量与监督机构全程跟踪

由于原油生产有区域性特点，在装港需聘请专业、行业信誉度高、对该港口熟悉的第三方独立商检机构对原油数质量进行检测，其对本港口原油特点较为熟悉，对于贸易商可以进行信息提示。

对于个别装卸港，应聘请专业监装监卸人员，对进口原油装船、运输、卸船全过程跟踪。监装监卸既知晓计量知识，熟悉码头，卸油工艺以及索赔流程，同时具有较强的现场处理能力，在发现短量可以立即求证原因并提交抗议书，节省时间同时有利于损耗查明。

7.3. 加强船舶租用管理

在租用运输工具前，应根据原油交易的特点设立各公司船舶租用标准，比如可以设置年限标准，减少乃至避免使用空舱油轮、老旧油轮装油，以降低在卸港造成挂壁影响。此外，对于倾点、粘度或者特

定原油品质的航程，可以租用安装加温设备船只。在租船前，向船方确认装货配载计划，了解船舶管线，舱位情况，包括货油舱、污油舱、压载水舱等等，避免船上管线串油，卸港个别船舱或者管线混油等情况。

另外，收集船舶历史运输材料，了解船舶经验系数，提前掌握船舶对货量计量等的影响。在卸油时注意船舱内壁残留，尽量提前做好卸货计划，船方需考虑到原油的倾点与减少轻组分挥发，科学控制温度，减少卸油损耗和挂壁损耗。如果条件允许，对船舱进行清扫，如果原油粘度大，倾点高，也需船方配合将量损控制在规定的标准范围内。

7.4. 加强石油集输中转的操作管理

装卸港的集输中转是重要一环，能够保障原油按时按量装货或者进入炼厂。装港码头方需对计量口、自动化装置等设备进行定期的检查和维护，装卸码头方需定期检测以保障储油罐等设备储存性能良好，不会发生破损、腐蚀、渗漏等现象，保障其良好的使用状态。另外可以对罐体进行减损改良，比如在罐体顶部或者罐壁放置石棉板等，从而能够形成一个空气夹套，或者对油罐刷隔热漆，安装呼吸阀挡板，以达到一定隔热和防晒作用。国内经验数据显示，这些措施可降低蒸发损耗的 20%~30% [8]。

此外，管线工作人员需定期对输油管线进行检查，如果发现油线存在破损等安全隐患，则要立即更换，防止出现严重的原油损耗。

7.5. 合理控制温度和阀门，降低环境影响

如前所述，进口海运原油需在外海航行 20~60 天，时间较长，难免会有途耗，所以需要正确设定阀门压力/真空(P/V)阀[9]，同时定期检查密封设备，适时喷水降温，减少昼夜温差的压力释放，避免油气外泄，减少轻组分蒸发损耗。

原油作为重要的资源产品，在国民经济发展中有着举足轻重的地位，加上我国进口原油数量逐步增长，进口原油价格普遍高于国内原油，深度分析进口原油运送过程中发生损耗的成因，提高进口原油的利用效率，不仅是国家在可持续发展时期节能降耗的发展趋势，同时也是企业降本增效的必然需要。进口原油的船运路途较长，从装港计量，路途损耗，卸港中转经历多个环节，损耗难以避免。通过对进口原油的各运输与执行环节加强过程监督，提前做好装港计划准备，加强装港计量精确度，监督船舶运行过程中数质量变化，采用合适的卸油方式，可以有效减少损耗的发生。

参考文献

[1] 赵风电. 浅析如何降低管道原油输送的输差[J]. 石化技术, 2019, 26(10): 373, 320.
[2] 梁昱. 进口原油船运损耗成因及其对策[J]. 石油工业技术监督, 2020, 36(4): 32-36.
[3] 周建华. 船运原油交接计量研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连海事大学, 2012.
[4] 张洪, 方玉林. 中垂变形对 VLCC 油轮载货量的影响[J]. 中国船检, 2020(6): 82-86.
[5] 李国清. 原油储运过程的损耗问题与解决对策[J]. 化工设计通讯, 2020, 46(4): 40-42.
[6] 郭士军. 原油集输系统原油损耗原因及对策分析[J]. 石化技术, 2019, 26(10): 314-315.
[7] 刘俊. 降低管道原油输送输差的措施[J]. 化工设计通讯, 2020, 46(3): 31-32.
[8] 刘凯, 舒丹, 杜娟. 管输原油损耗分析及降损措施[J]. 科技风, 2014(16): 212.
[9] 彭燕. 进口原油运输损耗及应对分析[J]. 化工管理, 2015(35) : 88.