

原油运输中的问题与应对措施

韦琳娜（中石化石油销售有限责任公司，北京 100020）

摘要：炼油企业原油绝大部分都是从海外进口，大部分进口原油都通过油轮运输到国内，再通过长输管线输送进厂。石油销售公司承载着集团公司大部分企业原油资源接卸、收储工作，同时与国家管网公司沟通通过国家管网长输管线输转进炼油厂，是企业安全平稳生产的关键环节。在运行中存在着各种问题，本文针对运行中的出现的问题，讨论了可行的解决措施，保证企业原油资源可以安全平稳输送到厂。

关键词：原油运输；管线；安全运行

0 引言

随着经济的飞速发展，作为能源消费大国，近年来我国原油对外依存度已超过 70%。炼油企业原油绝大部分都是从海外进口，大部分进口原油都通过油轮运输到国内，再通过长输管线输送进厂。石油销售公司承载着集团公司大部分企业原油资源接卸、收储工作，同时与国家管网公司沟通通过长输管线输转进炼油厂，是企业安全平稳生产的关键环节。在运行中存在着各种问题，为保证原油能安全平稳输送到炼油厂，简要对这些问题进行分析和提出可行的解决措施。

1 存在问题

1.1 资源衔接问题

目前油价不确定性进一步增加，各炼油企业均采取低库存运行措施，用来防范油价剧烈波动带来的风险。一方面由于进口原油资源远洋航行运距较长，航行途中可能遭遇恶劣天气等不确定因素，导致油轮比原定到港日期晚；或者油轮在上一港因为没有充足的储罐，等待接卸时间较长，导致到下一港的时间比原定日期晚；或者油轮按照原定日期到达港口时，因错过当天潮水或遭遇大风、大雾恶劣天气不能及时靠泊接卸。另一方面由于后续产品市场较好，集团公司根据市场情况，增加了某些企业的加工量，而企业当期原油采购量低于调整后的加工量。这些均会导致企业原油资源衔接不上，存在原油资源缺口问题，影响炼油企业正常平稳加工。

1.2 油品性质问题

1.2.1 凝点问题

目前绝大部分管线管线均为常温输送，尤其是北方冬季气温较低，国家管网管线均设置了进入管线原油凝点阈值，图一为黄岛、日照到港原油凝点阈值上限图。由于装置设防值限制，企业必须采购一些低硫原油进行调和，这些低硫原油凝点不稳定，有可能会

超过冬季运行阈值，存在凝线风险。

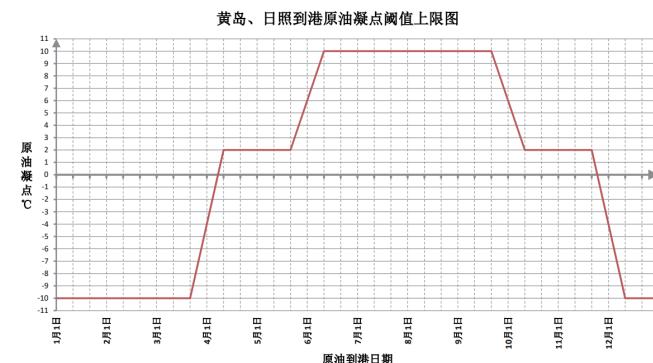


图 1 黄岛、日照到港原油凝点阈值上限图

1.2.2 黏度问题

炼油企业为了降低成本，会采购一些密度较大，粘度较高的劣质原油，如中东地区的巴士拉重和南美地区的卡斯蒂利亚、纳波、瓦斯等原油采购成本优势比较明显，一般有条件水运的企业，会通过三程水运进厂，有些企业没有码头或者码头运力有限，需要通过管输进厂，由于这些油黏度较大，有些杂质较多，输送这些油的过程可能会造成机泵堵塞，管线压力增高，管输瞬时量降低，既影响输油效率，又影响管线运行安全。

1.2.3 清罐油问题

原油储罐的生产运行过程中，罐底会逐渐产生一些沉积物，沉积物达到一定高度会影响储罐正常运行，同时为了对储罐进行定期检测，保证储罐安全运行，库区会定期进行储罐清洗作业，现在大型储罐一般采用机械清罐技术，通过喷射、击碎、溶解等手段，机械清罐能在短时间内对油罐进行全方位的清洗，使 98%以上的有机沉积物得到有效处理，清罐油可进行回收掺炼。但是清罐油水含量和固含量较高，一般呈乳化状态，直接管输会造成机泵、末站流量计过滤器堵塞，直接进常减压装置掺炼，易造成电脱盐电流升

高、电场不稳，影响炼油装置平稳运行。同时清罐油固含量高，易导致换热器结垢，电脱盐罐淤泥积聚，甚至对常减压装置的设备造成腐蚀。

1.3 计划执行问题

1.3.1 计划执行错误

原油管输批次计划由石油销售公司和国家管网共同编制后分别下发到下属油库执行。由于油库调度人员执行管输输油计划不严谨，查看计划不仔细，易造成计划执行错误，导致混油等情况发生。例如2021年某天，A油库接管网公司调度通知，上站来油启输，输送巴士拉轻原油进A油库9#罐混、4#空罐，管线内巴士拉中进A油库21#罐。A油库调度接到通知后未仔细确认管输计划，启输后流程切换错误，管线内巴士拉中直接进9#罐，导致9#罐混油13000m³。

1.3.2 操作失误

由于油库管理不到位，对职工培训流于形式，导致职工未严格按照岗位操作法进行操作，导致管网异常停输，影响原油安全平稳运行。例如2023年某天B油库C线运行工况为上站来油进12#罐，凌晨1时，12罐收C线进油至高液位16.14m，准备切至13罐继续收油。当班内操通知外操提前到现场确认切罐阀门动作情况。内操误将13付料阀打开，未正常开启13罐收料阀，同时未确认现场反馈信息和收料罐液位变化情况，就将12罐收料阀关闭。外操现场确认后反馈收料阀门没有动作，此时管网压力监护中发现泄漏监测系统C线进站压力急剧上升，压力由0.234MPa突升至0.987MPa，进站压力超高触发水击甩泵。

1.4 仪表设备问题

1.4.1 仪表故障

仪表故障有可能使油库无法正常运行，造成供油中断等情况。例如D油库地处多雷区，2024年某日，D油库21、24罐各两套ENRAF雷达液位计因雷击故障，导致SIS系统供企业原油泵联锁跳停，影响企业原油供应。主要是因为20~24罐设计未考虑增加防浪涌保护器，防雷措施不到位，防雷措施薄弱的环节易受到雷电影响，导致液位计通讯卡件损坏，系统联锁保护停机。

1.4.2 设备故障

油库设备出现管线腐蚀泄漏和阀门故障的情况较多。例如2022年某天，F库技术员在进行双控巡检过程中发现正对14#罐防火堤外有原油渗漏，现场渗漏面积约为1.5m²，检查为14#罐出口管线与2号外输

线交汇处渗漏，此时工艺流程为8#罐正在进行外输，通过流程切换后进行泄漏管线处理。2023年某日D油库E线正在进行P-7启输操作，操作人员经过P-6泵发现泵出口管线砂眼泄漏，泄漏介质为水，在简单处理后仍然有少许泄漏，只能停输后进行贴板处理，影响了企业供油。

1.5 管网长输管线压力波动

受到工况调整、设备故障、人为原因等因素影响，原油管道系统打破压力平衡状态，各项运行参数急速变化，我们将这种由于某种原因，管道中的油品流速突然变化而引起管道压力突然变化的现象称为水击。长距离密闭输送管道的水击过程产生严重后果的情况主要由三种：一是关键阀门（包括调节阀、截断阀、进出站阀等）误动作关闭，例如前面介绍的B油库因操作失误关闭关键阀门，导致管线水击保护停输；二是输油泵站突然停运（包括失电停运、保护停运及故障停运等），例如2022年某输油站因给油泵机械密封温度超高联锁停泵导致停输；三是管道发生泄漏（含站场工艺管道、外管道等），例如2022年某管线因管线泄漏，压力突降1.7MPa，紧急停输。管线水击不仅会引起管道变形，受到破坏，管线下游设备损坏，同时也影响到企业的资源供应。

2 应对措施

2.1 做好资源平衡，提前应对资源短点

发挥一体化管理优势，在部分企业出现资源短点情况下，提前做好整体资源平衡工作，协调企业间进行同油种或相似油种的资源串换，一方面可以解决企业的资源短点，另一方面可以加快码头油库资源周转效率，尽快腾空码头库容，为后续接卸做好准备，降低油轮滞期。如果其他企业没有富裕资源，可以充分发挥商储库作用，通过与商储资源短期串换，来解决企业的燃眉之急，待企业资源到港后归还。

2.2 优化输送，保障管输安全运行

2.2.1 对于高凝点原油运行安全

首先提醒各企业在冬季采购时选择其他凝点低的低硫原油进行替代，从源头上解决高凝点原油冬季输送问题。其次督促代理企业做好冬季原油凝点监控工作，从装船的时候就对原油凝点或者倾点进行分析，对于凝点或者倾点比预期高的油轮，到港时间符合企业要求的情况下，可以在系统内与同品种原油和性质类似原油的油轮进行调整，将高凝点的油轮调整到符合管输要求的港口。最后没有办法进行调整的油轮，

到港后及时进行凝点分析，并且做好接卸方案，与凝点低的原油进行罐混，或者与凝点低的原油按照比例进行输送，保证进长输管线的凝点符合要求，见表1。

表 1 原油凝点分析

港口	日期	油种	倾点, °C	混油	凝点, °C
日照	10月12日	曼吉	11	迪拜 + 曼吉 + 桑格斯 =18:42:40	-12
		迪拜	-24		
		桑格斯	-20		
	10月28日	曼吉	9	曼吉：杰诺 =1:1	-5
		杰诺	-14		

2.2.2 对于一些黏度较高的劣质原油卡斯、纳波等，建议有码头的企业进行装船水运进厂

因水运能力有限，或者没有码头卸船的企业，采购的重劣质原油需要管道输送时，一方面可以采取分批次少量输送，降低管线输送压力，减少管输送阻力，另一方面可以采取配输方式，降低进管线原油的黏度，减少管输风险，黏度低的原油比例越高，混合后原油的黏度越低，对管输安全越有利，见表2。

2.2.3 油库每年不可避免的都会有储罐进行清罐检修，不仅使得库区罐容紧张，而且产生的清罐油影响到原油平稳运行

为了降低清罐油对管输和企业加工的影响，首先在储罐清罐阶段，尽量安排少量的原油配合清罐，只要能够保证清罐工作正常进行即可，由原来的3万吨左右降至1.1万吨左右，大大减少了清罐油的产生量。其次清罐阶段结束后，及时进行性质分析，本着“谁使用谁消化”的原则，根据企业年管输量比例，将伴洗油的量进行分配，并及时与企业沟通具体伴洗油输送方案，在不影响企业正常加工的前提下，及时消化

伴洗油。

2.3 加强管理，避免误操作情况发生

加强油库日常工作，完善油库管理相关制度，日常加强相关业务人员培训工作，提高计划和运行岗位人员业务能力，确保原油管输作业计划及时传递和执行，加强与石油销售（商储）公司本部和管网东部储运公司沟通，完善计划与运行信息上传下达和生产组织等业务流程。强化操作培训，利用副班、实操等进行班组长输管线操作培训，推行“看图识路，手指口述”安全操作法，扎实一线职工基本功训练，强化岗位人员能力建设，在实操中检验培训内容掌握情况，做好应急培训，提高应急反应能力。加强制度和操作要点执行情况检查和考核，检查岗位人员现场确认和执行情况。切实将工作落到实处，避免发生误操作，影响原油平稳输送工作。

2.4 加强设备管理，及时消除设备隐患

加强对库区内阀门、电气、仪表等设备设施日常巡护和维护，发生故障及时维修；加强物资采购管理，确保备品备件产品质量。避免库区内管线泄漏，加强库区巡检，及时发现问题；加强对库区内埋地管线检测，掌握埋地管线腐蚀和技术状况，对于腐蚀减薄严重的管线要及时更换；关注库区管线死油段，定期活动管线，避免腐蚀穿孔造成泄漏；加快储罐缺陷或隐患整理，加强储罐维护和巡检，组织开展 RBI 检验，根据检验和评价结果，合理安排储罐维修和大修计划；加强大修管理，严格按照储罐大修管理办法和下达的大修计划，科学编制大修方案，确保储罐大修质量。

2.5 加强与国家管网沟通，共同防范管网压力波动

加强与国家管网沟通，确保管道水击保护系统正

表 2 原油黏度分析表

油种	20°C 密度, g/cm³	凝点, °C	15°C 黏度, mm²/s	20°C 黏度, mm²/s	25°C 黏度, mm²/s	50°C 黏度, mm²/s
卡斯	0.9406	< -20				124.7
巴士拉中	0.8838	< -20			29.25	
沙重	0.8908	< -20		38.6		
卡斯：沙重 =2:1	0.9277	< -20	660.2	450.8	316.7	
卡斯：沙重 =1:1	0.9195	< -20	586.8	389.3	280.7	
卡斯：沙重 =1:1.5	0.9107	< -20	165	125	98	
卡斯：沙重 =1:2	0.9074	< -20	109.1	82.6	64.7	
卡迪：巴士拉中 =2:1	0.9218	< -20	496.4	329.6	277.5	
卡迪：巴士拉中 =1:1	0.912	< -20	349.3	272.6	195.3	
卡迪：巴士拉中 =1:1.5	0.9067	< -20	152	118	86	

常运行，尤其是高、低压泄压阀给定值合理设置，泄压罐维持一定罐容，避免收满原油后没有罐容进行紧急卸压。加强库区长输管线风险意识，避免误操作，导致管线紧急停输。

3 结论

原油作业过程工况多变，具有动态、时变特点，其变化过程难以量化计算。例如，国际政治形势、气候环境影响等因素会导致油轮的到港日期变化，进而影响后续参与原油作业过程的原油种类与数量。原油品质、油库操作水平、设备完整性和可靠性、国家管网长输管线运行水平，均增加了原油安全平稳运行的不确定性，通过加强各环节管理，平衡好资源，优化管输运行，加强设备管理，提升操作水平，有利于原油安全平稳运行，做好炼油企业资源保供工作。

参考文献：

- [1] 李长江 . 原油罐机械化清罐污油处理后进常减压加成套技术开发应用 [J]. 广东化工 ,2022,49(17):165-168.

- [2] 郑万鹏 , 高小永 , 朱桂瑶 , 左信 . 原油作业过程优化的研究进展 [J]. 化工学报 ,2021,72(11):5481-5501.
- [3] 张良 . 进口原油运输损耗及应对分析 [J]. 中国科技期刊数据库工业 A,2023,03(05):14-16.
- [4] 肖文涛 , 王晓霖 , 王勇 . 我国原油远洋运输面临的挑战及应对方法探索 [C]// 中国石油学会 . 中国石油学会 ,2015.
- [5] 刘建文 . 我国石油运输企业面临的风险及对策分析 [J]. 中国化工贸易 ,2024,13(06):132-135.
- [6] 聂礼仁 . 我国原油运输市场的现状及对策 [J]. 武汉船舶职业技术学院学报 ,2006,5(4):4-6.
- [7] 万经花 . 国际原油物流运输成本核算与优化控制问题研究 [J]. 物流技术 ,2013,32(12):3-5.
- [8] 刘宝 . 石油运输设备维护管理存在的问题及对策 [J]. 汽车周刊 ,2022(11):0187-0189.

作者简介：

韦琳娜 (1988-)，女，汉族，陕西人，本科，工程师，研究方向：原油管输油库运行。

