

原油装车全密闭工艺系统分析

吴海应（山东莱克工程设计有限公司，山东 东营 257088）

摘要：以原油装车工艺为研究对象，介绍了目前胜利油田原油上装工艺系统现状。针对目前原油上装装车工艺中存在大量油气泄露的安全环保风险及高空作业风险，未实现全密闭装油。借鉴成品油下装工艺，提出原油采用下装工艺，并对下装工艺开展工艺研究分析，探索满足原油下装工艺的新型干式阀、油罐车、装车工艺流程等。针对原油上装工艺的存在问题，详细阐述了原油下装工艺改进措施及工艺研究分析，并分析了原油下装工艺的应用前景及产生的经济效益、社会效益。

关键词：原油；下装；干式阀；密闭；鹤管；罐车

胜利油田自 1964 年投入开发建设以来，原油汽车装车在原油库、集中处理站、中间转站及偏远井场普遍存在。汽车装车工艺目前有上装、下装工艺，下装多用于成品油、液化烃等货种装卸，原油装卸一般采用上装，目前胜利油田各油气站场、井场、原油库内原油的汽车装车均为上装。

1 原油上装工艺系统介绍及存在问题

常见的装车工艺主要包括自流装车、压力装车，其中自流装车是由油罐、管线、装车鹤管组成，通过高位处的油罐，以自流的形式流进原油罐车内，具有投资小、能耗少的优点；压力装车是由装车泵、油罐、装车鹤管、管线组成，通过装车泵将油罐内的原油抽出泵送至装车鹤管，然后实现原油装车，该装车工艺的装车效率高，适用于大规模的装车工况，对油罐的安装高度没有要求。

原油汽车上装，主要通过油罐车顶部装油口将装油胶管插入到油罐中进行装油。该装车过程罐车顶部装油口为敞开式，装油过程中有油气散发到大气中，会造成较多的油气损耗，散发到大气中的油气（多为非甲烷总烃，即 VOCs）很难及时扩散，在车体周围弥漫，在低洼死角处积聚，如遇明火存在发生着火爆炸的风险；同时散发的 VOCs 将会对周边环境造成污染。为提高原油汽车的安全性，为认真落实习近平总书记关于挥发性有机物（简称 VOCs）的综合治理的重要批示，如何有效改进原油汽车装卸工艺，将愈加迫切。

2 原油密闭装车工艺研究

2.1 原油上装工艺存在问题分析

对原油上装工艺的存在问题进行分析，发现原油上装装车工艺中需要打开油罐车罐顶部的人孔盖、装车鹤管与罐车连接位置的密封帽密封不严、装车完成

后取出的装车鹤管壁上残留大量的原油。该装车工艺无法实现本质上解决油气损耗大的问题，因此，亟需寻求其他合理的装车工艺来解决原油上装过程中油气损耗量大的问题。

目前国内的成品油装车采用下装工艺，下装工艺中采用的是装车鹤管与罐车接口 API 干式阀进行连接，连接过程中油气挥发量在标准控制范围内。并配套下装的油气回收接口，真正做到了油品密闭装车及实现装车工艺过程中的油气密闭回收。操作人员直接在地面操作，不存在高空作业风险，提高了油品装卸作业的本质安全。借鉴国内成品油成熟的下装装车工艺原理，改变原油装车方式，调整为下部装车，实现原油下装的工艺。

原油不同于成品油及其他纯净介质，其具有成分复杂、杂质多、凝点高、粘附性强等不利因素，给原油运输与储存流程中的快速装卸作业带来困扰。使用过程中若无伴热条件下，原油极易凝固，导致干式快速接头内部弹簧复位困难而无法关闭，故为了保护环境、节约能源、提高生产效率、消除安全隐患，需要设计一种适用于原油介质下装用的干式阀及配套改装原油油罐车、原油装车工艺流程。

2.2 原油下装工艺研究分析

对原油下装工艺进行研究，实现原油下装工艺关键点：针对原油易凝、成分复杂等特点，研究适合原油装车干式阀、改装满足原油下装的油罐车、设计 1 套满足原油装车的工艺流程。改装后的油罐车需配套底部装车、底部油气回收流程、罐内溢流液位监测系统等设施。下面针对具体工艺研究进行分析：

2.2.1 研究适用于原油下装干式阀

原油下装工艺的实现，关键在于原油下装鹤管上的干式阀（阴端）与油罐车上的干式阀（阳端），需

要保证该阀在原油装车过程中不堵塞,能正常打开、关闭,并且原油泄漏量在规范标准要求范围内。

2.2.1.1 对目前国内成品油下装用干式阀内部结构的分析

对现有干式阀结构及工作原理分析,发现传统干式阀阳端结构主弹簧完全暴露于介质中,而阴端则存在较为复杂的传动杆结构,这些机构完全暴露于原油介质中,当原油出现凝结时则会附着在主弹簧和传动机构上,导致阀门无法正常启闭,从而出现关闭不严泄漏的问题。

目前,传统的干式阀,主要使用在槽罐车、船舶、集装箱、储罐和泵的装卸与卸载,流体分配和传输系统,具有快速连接,使用方便,防污染及节能的效果。但传统的干式阀使用的工况基本上都是成品油和较纯净介质见图 1。

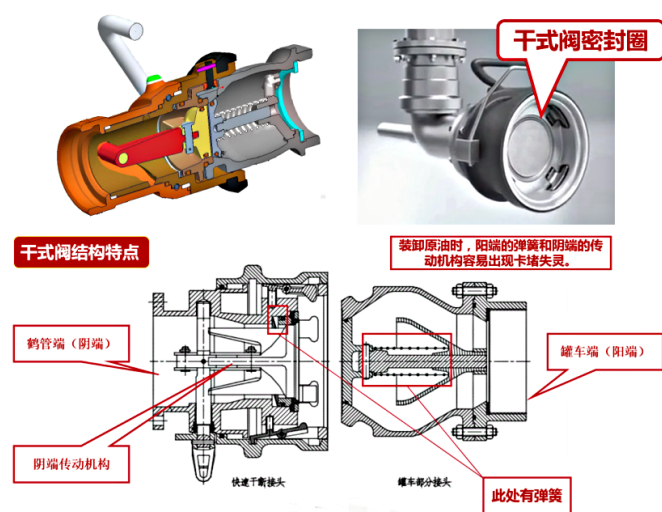


图 1 成品油装车用干式阀内部结构图

2.2.1.2 结合原油特性对干式阀内部结构的改进

从干式阀的工作环境和结构特点分析可以得出,导致问题的主要原因就是阳端的主弹簧和阴端的传动机构暴露于介质中所致,因此解决思路和方法,是通过对其内部机构进行改进和优化,设置防护隔离装置将阳端弹簧与介质完全隔离开,并设置呼吸孔,确保弹簧动作的顺畅性。同时对阴端的传动机构进行结构改进,改为在阀体环向旋转推进的结构,并与介质完全隔离开,从而确保阀门通道的流畅性,避免弹簧及传动机构被介质凝结堵塞。具体改进措施如下:

①干式阀的阴端和阳端弹簧均设计为带密封腔的结构,防止原油进入弹簧密封腔,解决弹簧卡阻问题;

②在阳端设计呼吸孔,解决弹簧气阻问题;③阀瓣采用喷涂 TFE 减摩处理,防止原油粘附在密封面上;④定型后主体材料采用铝合金,减轻重量,方便安装和连接。

新型干式阀阴端阀体内部的弹簧及执行机构设立在阀体环向外侧,阳端阀体的弹簧设立在隔离套筒内,与原油介质直接隔离开,保证了阀门的正常运行。改进后的干式阀可以用于原油下装装车工况,提高了阀门在原油介质中运行可靠性,解决原油易凝特性影响阀门正常运行的问题。改进后的新型干式阀内部结构见图 2。

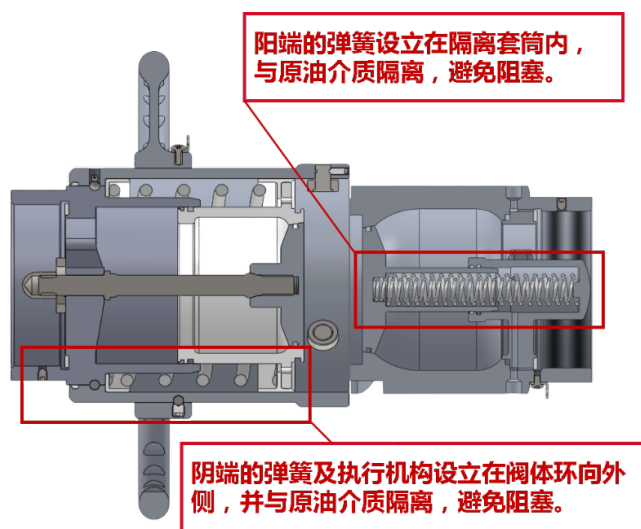


图 2 新型干式阀内部结构图

通过对阀门内部结构改进,开展新型干式阀的产品试制和组装,试制完成后先进行工厂强度试验、密封性试验和开关试验。同步开展现场试验流程的搭建,现场试验流程按照标准和实际装车工况的情况进行设置。试制好的新型干式阀完成工厂试验后,接入现场模拟试验流程,进行现场模拟装油的操作试验,通过反复操作验证阀门在开关性能、密封性能以及防卡堵性能方面的效果,并根据试验验证发现问题,及时进行产品改进和优化,改进后再次进行试验验证,通过现场试验反复验证,多次试验完成后干式阀断开时,阀门端面原油泄漏量小于 5mL,达到了标准规范要求。

2.2.2 研究改装满足原油下装要求的油罐车

2.2.2.1 罐车装油口、油气回收接口、卸油口的研究

对原油油罐车进行改装,改装后满足原油下装的要求,在油罐车中部设置原油装车接口及油气回收接口,满足原油下装的要求;在油罐车尾部配套 1 个卸

油口,满足原油的卸油要求,改装后的油罐车见图3:

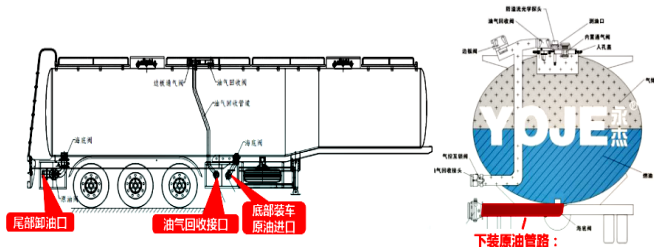


图3 改装后油罐车结构图

改装后的油罐车满足原油下装及下装油气回收接口要求,并对油罐车底部下装原油管路设置了电伴热保温,保证原油在管道流动性。原油下装接口、油气回收下装接口均配置干式阀连接接头,可实现原油装车工艺的全密闭工艺,同时减少原油在装车过程中阀门断开瞬间油气的泄漏量及装车过程中罐车挥发的油气量。

2.2.2.2 罐车溢流液位报警系统的研究

原油上装工艺中油罐车内的溢流液位报警器安装在装车鹤管上,改下装后,需研究适用于原油下装的溢流液位报警装置。考虑到原油的易凝特性,用于成品油油罐车内的溢流开关无法满足原油的使用要求。因此需专门研究适用于原油油罐车内的液位报警装置,结合原油特性及油罐车内部结构,考虑选用一种机械形式与报警系统相结合的车辆装载防溢油预警系统,

罐车溢流液位计工作原理:装载原油时,浮球降落到罐底,随液面上升,从而引起管道内的磁铁位移,磁铁的运动使显示板中的翻板 180° 旋转,翻板的正反面颜色不同,变色对应的刻度就是液位的高度;卸油时,翻板变色对应的刻度就是浮球下降的高度。当装卸完成,浮球固定在罐体顶部。当释放浮球时,机构给浮球一定的推力,挣脱锁定机构和浮球中残留的原油因气温低凝结而导致的失效。浮球释放后,有对应的缓冲措施使其缓缓下降,不会直接砸向罐底。

该装置在罐内为纯机械式,没有危险源;机构是联动式,操作简单、省力、省时。该装置与定量装车系统进行联锁,可实现液位超限工况下的停止装车,保证装车过程中安全。

2.2.3 研究适用于原油下装的工艺流程

对原油下装工艺流程进行改造,配套原油下装的装车鹤管、干式阀、定量装车系统、油罐溢流液位报警系统,并对原油装车流程及装车鹤管配套相关的伴

热保温设计,保证原油装车作业完成后,原油不会凝固在管道内,影响原油的下装装车作业。为实现油罐车内的原油实现密闭卸油工艺,配套1台卸油提升一体化装置,油罐车内原油可通过该装置直接泵送至站场内的油罐,避免出现常规卸油工艺过程中大量的原油泄漏,降低了环保风险。

具体工艺流程见图4:

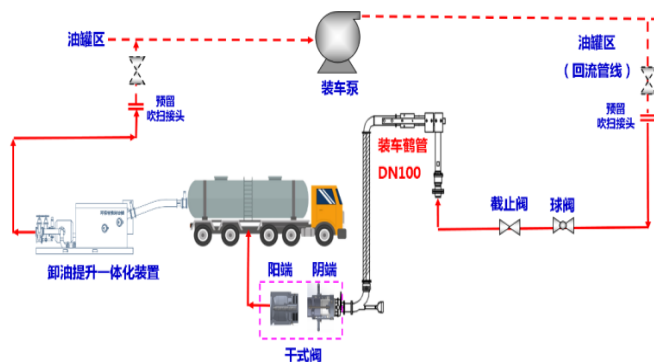


图4 原油下装工艺流程

考虑原油在低温工况下易凝结特性,因此考虑对原油装车流程中的管道、阀门、装车鹤管设置伴热保温,原油管道、阀门采用蒸汽伴热保温,鹤管采用电伴热保温,保证管道内的原油流动性。

综合分析,实现原油下装工艺的关键在于下装用干式阀的研究,干式阀的试验成功,标志着原油下装工艺的有了实现的可能。干式阀研制成功,还有待市场的进一步验证,在具体工程应用中进一步验证,提高其功能的可靠性。

3 结束语

目前业内原油装车绝大部分是顶部装车,小部分为不带干式阀的底部装车,存在油品泄漏问题。如果原油下装工艺研究应用成功,可实现原油的密闭装车,并可以提高装车效率,为原油装车提供可借鉴的新工艺。同时能够有效地避免顶部装车存在高处作业风险和油气泄漏风险,不仅能够进一步提高原油装车的安全性,还能减少对环境污染的影响,具有较大的社会效益。也会引导国内乃至世界原油装车工艺的改变,具有非常大市场应用前景,能够带来非常大的经济效益。

参考文献:

- [1] 曲虎.原油密闭装卸工艺研究[J].河北任丘石油化工高等学校学报,2016,12(29):6.