储油罐机械清洗可视化技术研究与应用

The Research and Application of the Visualization Technology of the Mechanical Cleaning of the Oil Storage Tank

徐驰

Chi Xu

徐州实华管道特种作业有限公司
中国·江苏 徐州 221008
Xuzhou Shihua Pipeline Special
Operation Co., Ltd.,
Xuzhou, Jiangsu, 221008, China

【摘要】传统的储油罐清洗根本无法满足当前的清洗趋势,需要对现在的清洗方式进行改革创新,利用可视化数字技术,将盲洗转变为精准清洗,通过一定的技术分析其可行性,可为提高原油储罐的机械清洗效率提供参考。

【Abstract】The traditional oil storage tank cleaning can not meet the current cleaning trend at all. It is necessary to reform and innovate the current cleaning methods, use visual digital technology to transform blind washing into accurate cleaning, and analyze its feasibility through certain technology. It can provide reference for improving the mechanical cleaning efficiency of crude oil storage tank.

【关键词】储油罐;清洗;可视化

【Keywords】oil storage tank; wash; visualization

【DOI】10.36012/etr.v1i2.238

1 原油储罐的清洗技术

石油在储运过程中,油品中的无机物及沥青质、石蜡等重油性组分在其重力作用下自然沉降,并积累在原油储罐底部,形成又黑又稠的胶状油泥,占据了很大的储存空间。另外,根据国家油罐修理规定,储罐大修间隔期限为 5~7 年,并且在检修或更换储油品种之前必须进行清洗。

随着原油储罐的大型化,传统的人工清罐作业已经不能满足生产要求,主要原因是人工清洗难度大、周期长等,人工进入罐内操作,可能会引起人员中毒及火灾爆炸事故^[1]。因此,储油罐泥机械化清洗技术将逐步取代人工清洗。

2 国际上使用现状

目前,市场原油储罐机械清洗技术主要有日本 COW、德国 S&U、丹麦 BLABO 和美国 Gamajet 等技术。目前在中国,日本的 COW 原油储罐机械清洗系统应用范围最为广泛,从引进至今已有二十多年的时间,基本能够满足油罐的清洗任务,许多国家的清罐设备制造商也是以 COW 设备为模版进行制造。整个清洗系统由 COW 装置、要清洗油罐及清洁原油罐连接成一个密闭的系统,用设置在清洗油罐上的清洗机喷射清洁油罐,利用一定温度、压力和流量的清洁油来溶解淤渣,分解后抽取的渣油经过滤后,再将其送回清洁油罐中,最后用温

水进行循环清洗,分离出的原油也送回清洁油罐。但随着中国原油储备力量的不断加强,清洗任务的不断增加,科技的日益发展,所以更先进、更高效的清洗方式也将呼之欲出。因此在保证安全、质量的前提下,大幅度提高原油储罐机械清洗效率将成为中国储油罐机械清洗的首要任务。

3 技术难点分析

目前,使用的原油罐清洗工艺(COW)的基本原理是利用均匀分布在油罐顶部的喷射清洗机将清洗介质在一定的温度、压力和流量下喷射到待清洗表面,利用不断循环的原油或清洁水除去表面凝结物和淤渣,并对其溶解的原油进行重新回收储存。而为满足清洗效果,储油罐体积不同,清洗机的安装数量也不同。常见原油储罐清洗机安装数量见表 1。

表 1 常见原油储罐清洗机安装数量表

储油罐容量/m ³	清洗机安装数量/台
10 000	6
20 000	16
50 000	24
100 000	32

在清洗过程中依次启动均匀分布在罐顶的清洗机,对油泥进行冲击溶解。但是由于临时管线、罐体结构等方面的限制,同时为保证清洗效果,压力必须保证在 0.5MPa 以上,因此,只能依次启动 1~2 台清洗机,而平均持续时间 2~3h。

由于要清洗的原油罐体大多为钢制储罐,在浮船和罐底内部为高危、复杂的密闭空间,在清洗过程中,只能凭借经验判断罐体内部残油溶解的大体情况,大多清洗施工企业则一直进行往复式的循环清洗,经过较长时间循环后清洗完成。但是这个循环过程会大幅增加整体施工周期,且无法对残油进行有针对性的定点冲击溶解,并且清洗效果无法做到实时可控,造成设备运行浪费,最终造成成本增加。

经过分析上述主要清洗工艺发现,提高清洗效率核心在于减少罐内残油的融化时间,而提高溶解速率主要取决于溶剂、冲击压力、温度这3个因素。由于储油罐罐本体的构造限制,作为溶剂的原油的流量通常被限制在 $120\text{m}^3/\text{h}$ 以下,同时罐内可燃气含量极高,清洗温度也只能控制在 80°C 以下,因此提高效率的主要手段是对残油进行定点冲击溶解,降低油洗和水洗工序的时间。例如,机械清洗1台 $50\,000\text{m}^3$ 的原油储罐,安装清洗机24台,在介质较好条件下,同时启动两台,清洗底板模式运行一遍24h,每个循环在96h,平均每个位置运行4h。如果实行可视化清洗,对指定位置进行特定角度清洗,较干净位置可省略冲击清洗,而较复杂的位置只占约1/3,相比较而言可节省2/3的清洗时间,避免了不必要的设备运行。因此,通过直观的罐体内部可视化作业,可以缩短油洗、水洗时间,提高渣油溶解速率,提高清洗质量。

目前,中国有极少数储油罐机械清洗企业开始使用可视化清洗技术,但由于可视化清洗设备的使用条件限制,因此并没有得到广泛认可。其主要由高压清洗炮、摄像机和光源组成。该装置安装于储罐外的清洗孔处(检修孔),可横向或纵向旋转 180° ;核心设备为高压清洗炮。这种带有高压清洗炮的人孔安装清洗系统,同样无需人工进行高风险的储罐清洗作业,将清洗炮安装在储罐外靠近清洗孔处,自动清洗储罐内积聚的淤泥。这个系统还包括泵机组、操作室和控制室、辅助装置、液压装置以及换热器等。这种新型喷枪式可移动自动化储罐清洗工艺适用于最大直径为 40m 的储罐,所用清洗介质为水和轻质原油。

该可视化清洗系统的优势:①适用于含有易燃易爆气体的环境;②清洗角度广($0^\circ\sim 180^\circ$);③清洗方向可调为横向和纵向;④罐顶管壁都进行安装,罐上无需安装设备;⑤配有简易、安全的远程监控系统;⑥操作成本低。

经过实际使用一段时间后,发现该可视化清洗系统的缺点也比较明显,主要有以下几点:①清洗炮安装受限。储油罐的罐壁的检修人孔均在距离罐底板的 500mm 处,由于罐内残油量较大,罐内液位较高,人孔无法打开,造成清洗炮无法安装。②清洗死角较多。一般 $1.0\times 10^5\text{m}^3$ 储油罐的关闭检修人孔

是3个,罐直径为 80m ,且罐内加热盘管、阳极保护块、立柱等附件的阻挡,综合清洗炮的喷射距离,附件阻挡造成冲击死角过多、过大,清洗效果大打折扣。③对附件产生影响。清洗炮的设计出口压力达到 $4\sim 6\text{MPa}$,相对喷射压力较大,会对罐体内部的密封、配重等附件产生损伤。④设备成本较高。目前中国可视化清洗系统均采购于欧洲,相对成本较高,而目前大多使用的COW清洗设备,又能满足基本的清洗需求,直接报废同时又会造成资源的极大浪费。通过上述分析可以看出,可视化清洗最大的优点是将“盲洗”转变为定点“精洗”,但针对目前环境现状,仍有较多缺点,这也是储罐机械清洗变革必须面对的痛处。

目前中国采用的可视化清洗装置,其设计标准是欧洲ATEX 94/9/EG 防爆安全标准、德国TRBF 20 (2002) 易燃液体技术规范、德国TRBS 2152 Part 1, Part 2 (2006) 危险气体技术规范、德国TRBS 2153, BGR 104 静电火花预防技术规范、德国TUV 认证等标准。中国尚没有相关技术标准和要求,但是对储油罐区的要求比较细致,对防爆区域的设备也有更高的要求,尤其是0区和1区的要求更为苛刻。在清洗过程中,浮船以下的密闭空间存有大量的可燃气体,这也是对进入密闭空间的任何清洗装备最高的防爆要求和等级。对可视化所使用的摄像头、光源等部件均要求做到本质安全。

可以将清洗机的喷嘴、摄像头、清洗装置和光源组成单元,将它从外侧装在油罐的清洗孔(人孔)上。其他清洗设备可以通用COW设备。主要设备和施工步骤不变,仍然是包括回收装置、移油装置清洗装置、油水分离装置惰性气体发生装置、在线氧气可燃气体分析仪、压力表及相连接的管线、阀门等设备,施工步骤包含设备安装、残油移送、同种油清洗、清洁水清洗、罐内渣渣及设备拆除6道工序。只是在清洗方式上作出不同程度调整,根据罐内视频采集图样,有针对性地启动清洗机,进行定点清除、溶解渣油,而其余清洗机可以不用启动,节省操作时间,从而缩短整体清洗周期的同时又能实时了解清洗效果。

4 结语

通过将可视化装置融入COW设备中,在不用更换整体设备的条件下进行常规机械清洗,通过实时数据采集,浮船以下罐底板以上的密闭空间的渣油溶解、罐顶板和侧壁的清洗情况一目了然,从整体掌握清洗质量,较大幅度提高了清洗质量和速度,因此,综合考虑,可视化技术仍然具有较好的推广价值。

参考文献

[1]朱国文,王庆峰,唐金柱,等.储油罐机械清洗技术的应用[J].油气田地面工程,2002,21(1):94-95.