

# 原油库区清罐作业方式、效率浅析报告

付伟龙

大连长兴岛港口投资发展有限公司 辽宁 大连 长兴岛经济区 116312

**【摘要】**：当前原油装卸、仓储的中转型码头，为了保证货物“原来原转”，在短租客户合作、原油罐区储罐无罐底油等情况下，需要进行比较频繁的清罐作业。清罐作业耗时长、涉及的特殊作业种类多，存在较大的安全作业风险，而且清罐效率低会使得船舶靠港时间变长，增加船舶在泊风险，还会造成滞期费的增加，给码头运营方和货主造成双重风险压力。因此清罐作业方式的选择、作业组织、安全控制都会直接影响到码头运营的安全性、经济性、效率性。本文依据近几年码头清罐作业的实践经验，对原油库区清罐作业的各种方式、效率差别和安全控制重点做了全面的分析，选取一些行业新技术的应用案例进行对比分析，为类似码头清罐作业的改善给予借鉴。

**【关键词】**：原油装卸；清罐作业；安全管控；效率

DOI:10.12417/2811-0528.26.12.016

伴随着我国石油化工产业的迅速发展，原油的储存、中转需求不断增大，中转型原油码头作为原油流通的重要节点，储罐的快速周转变得越来越重要。清罐作业是原油储罐维护、保证储罐性能、保障作业安全的重要环节，清罐作业质量好坏、效率高低直接关系到码头的运营效益和安全水平。目前，国内原油库区清罐作业主要有人工清罐和机械清罐两种方式，两种方式在作业效率、安全风险、适用场景等方面存在着较大的差别。根据油气罐区防火防爆十条规定等有关行业规范的要求，对两种清罐方式的特点、效率以及安全控制要点进行深入分析，探寻清罐作业的改进途径，对于提高原油库区运行的安全性、削减运营成本、保证作业有条不紊地进行有着十分重要的现实意义和实践价值。

## 1 清罐作业方式分析

(1) 人工清罐：人工清罐是目前使用最广、最基础的清罐方法，在短租客户合作、储罐无罐底油等应急清罐场景中仍有一定的应用。其主要作业流程为，清罐人员穿防爆劳保保护具，从罐下侧壁人孔进入储罐内，用铜质等防爆工属具清理罐底残留的原油，然后用临时安装的防爆泵组将罐内清理出的底油抽到指定管线中，完成装船或者转输处理。人工清罐主要的优点就是作业设备简单、前期准备时间短，不需要复杂的设备组装调试，能够迅速应对应急清罐的要求。但是该方式存在着明显的不足，作业人员需要直接进入储罐内部，劳动强度大，受罐内空间的限制，作业灵活度不高，同时存在较高的安全风险，不符合当前以人为本、安全生产的发展理念，被机械清罐和新型清罐技术所取代。

(2) 机械清罐：机械清罐是近几年来行业推广的主要清罐方式，它的主要思想就是用专业清罐设备代替人工完成大部分工作，只在后期对储罐进行少量的人工清理，最大限度地减

少人员进入储罐的次数和时间，降低安全风险。机械清罐的作业系统比较复杂，一般由机械清洗系统、安全保障系统和后勤维护系统三大部分组成，主要设备有真空抽吸泵组、三维喷射机组、惰性气体发生器等，一些先进的系统还会集成了视频监控设备，可以对罐内的作业进行实时的可视化管控。根据行业实践，机械清罐的主要流程规范如下。设备组装、浮船立柱拔出、清洗枪安装、油中搅拌、原油移送、持续注氮、同种油清洗、残油移送、人孔打开、持续通风、进罐清理残渣、罐内验收、清理现场、移交检测。注氮作业可以有效地控制罐内的氧气、可燃气体的含量，防止喷嘴高速喷射造成的静电隐患；同种油清洗可以最大限度地回收沉积物中含有的油分，减少资源的浪费以及环境污染。目前国际上比较成熟机械清罐系统有日本大凤工业株式会社的COW系统、丹麦Oreco A/S公司的BLABO系统等，国内也在逐步实现技术自主开发和应用。

## 2 作业效率分析

清罐作业效率是以单座10万立方米原油储罐为标准进行衡量的，结合实际作业经验以及行业数据可知，人工清罐和机械清罐的效率相差较大，具体如下所示。

人工清罐作业受到作业人员劳动强度、罐内空间限制、安全作业规范要求等各方面的影响，单座10万立方米储罐的作业时间一般为10到15天。该种方式效率高是因为作业流程简单，不需要复杂的设备调试和前期准备，可以集中人力快速完成清理工作，但是效率提高是以增加安全风险为代价的，而且作业质量受人员操作水平的影响较大，罐底残渣清理不彻底。

机械清罐作业，前期设备组装、调试时间较长，作业流程规范、环节多，还需要持续进行注氮、通风等安全作业，单座10万立方米储罐的作业时间一般为40至60天，比人工清罐要慢得多。但是机械清罐的效率稳定性较好，不会受人员操作

水平的影响,而且随着技术的发展,效率不断提高,国家管网集团采用的机械加化学药剂清罐新技术,可以将传统机械清罐的施工时间缩短75%,大大提高了作业效率。

另外清罐作业效率也和储罐内底油残留量、作业环境温度、设备性能等有关。底油残留量越多,清罐作业时间就越长;低温环境会降低原油的流动性,增加清理的难度,降低作业效率;先进的清罐设备和技术可以大大缩短作业周期,达到效率和安全的双重提高。

### 3 安全风险及控制措施分析

#### 3.1 主要安全风险分析

人工清罐作业属于受限空间作业、盲板抽堵作业、临时用电作业等各类特殊作业的综合体,安全风险很高。清罐人员在储罐内还剩有500mm的底油时才进入罐内工作,罐内容易积聚大量的原油挥发产生的有毒气体、可燃气体,同时还会出现氧含量不足的现象,很容易造成火灾、爆炸、人员中毒、窒息等安全事故的发生。具体的分析结果如下表所示:

表1 主要安全风险

序号	风险分析	导致的事故
1	储罐内含有可燃气体,进罐清罐人员未穿戴防静电服装;随身携带了钥匙等铁质物品;使用的工属具非防爆。	可能引发火灾或者爆炸。
2	储罐内含有有毒气体,未进行充分的通风和定期气体检测,人员未佩戴防毒面具。	可能引发人员中毒。
3	储罐内氧浓度含量不达标,人员进罐前未进行气体检测。	可能引发人员窒息。
4	人员进罐清罐作业前,未对储罐进出管道施加盲板。	可能发生油品窜漏,罐内可燃气体浓度超标,引发火灾等。
5	临时用电设备设施非防爆,未进行有效静电接地,管线法兰等未进行有效静电跨接。	可能引发火灾。

#### 参考文献:

- [1] SY/T 6696-2007 储罐机械清洗作业规范[S].北京:石油工业出版社,2008.
- [2] AQ/T 3042-2013 外浮顶原油储罐机械清洗安全作业要求[S].国家安全生产监督管理总局,2013.
- [3] AQ 3042-2025 陆上油气田储罐清洗作业安全规范[S].应急管理部,2025.
- [4] GB 30071-2013 储油罐安全管理规范[S].
- [5] T/QX 007-2023 外浮顶原油储罐分步搅拌抽出式机械清洗作业规范[S].中国工业清洗协会,2023.

#### 3.2 预防控制措施

结合实际清罐作业,制定完善的清罐作业方案,经安全、生产等相关部门审核后方可实施;编制清罐作业监管方案,厘清各部门、单位监管职责,按表履行监管职责;对清罐作业人员进行安全教育、培训;审查清罐人员劳保保护具、防爆工属具、压力表等鉴定证书是否有效合规;加强清罐作业现场监护,相关部门、单位安排人员现场旁站式监护,严格按照方案和管理要求监督清罐作业各个环节。

#### 4 清罐方式对比分析

根据两种清罐方式的作业特点、效率、安全风险等进行比较分析,确定不同的清罐方式适用于不同的场合,为清罐方式的选择提供依据,具体如表所示。

清罐方式	优点	缺点
机械清罐	人工进罐时间短、人员中毒、火灾、爆炸等风险低。	使用设备复杂,罐上吊装作业风险高,清罐作业时间长。
人工清罐	人工进罐清罐作业时间长,容易发生人员中毒、火灾、爆炸等风险。	清罐效率高,作业时间短。

#### 5 结论

原油库区清罐作业是保证储罐性能、实现原油安全中转的重要环节,人工清罐和机械清罐是目前常用的清罐方式,各有优劣,适用场合不同。人工清罐效率高、成本低,适合于应急清罐等场合,但是安全风险大;机械清罐安全风险小、作业质量稳定,符合行业的发展趋势,但是效率低、成本高。清罐作业的安全控制是核心,要依靠完善作业方案、加强人员培训、严格设备审查、强化现场监护等手段来防止各种安全事故的发生;并且应该积极推广使用新型清罐技术及设备,改善清罐作业流程,兼顾作业安全和效率。伴随着技术的不断发展,清罐作业将会越来越向智能化、绿色化、高效化方向发展,给原油库区运行提供更加安全、从国家安全发展理念出发,未来的各项生产作业均要围绕“以人为本”“安全生产”的理念,由储罐储存、中转而衍生出来的清罐作业方式也要不断创新,期待研究出更加高效、安全的清罐作业方式。