

外浮顶原油储罐分步搅拌抽出法 机械清洗作业规范（二次征求意见稿）编制说明

1、任务来源

福建迅达石化工程有限公司在原油储罐机械清洗工作的实践中，针对外浮顶原油储罐的特点，通过器材、设备、工艺的改进，发明了“外浮顶原油储罐分步抽出法机械清洗”的新工艺，并通过了应用验证，新工艺具有“作业时间短、安全风险低、清洗效果好、清洗成本少、劳动强度小、作业程序简单高效、环境和社会效应优良”等特点，公司认为该工艺可形成“作业规范”式标准文件，为提高外浮顶原油储罐机械清洗的安全、环境管理水平，防止人身伤亡事故提供技术支持。

根据上述思路，在研究和借鉴目前国内外相关标准的基础上，福建迅达石化工程有限公司组织专家完成了“外浮顶原油储罐分步抽出法机械清洗作业规范”初稿的编写，并根据团体标准编写申请的要求完成了“标准建议书”的编制，在报经中国工业清洗协会标准化技术委员会 2021 年工作会议讨论后获得批准立项（项目编号为 QX/T-2021002）。

2、标准编写工作过程

本文件于 2020 年 1 月开始着手资料收集、施工技术总结、现场试验研究和验证等工作，2020 年 12 月完成文件的架构搭建，2021 年 7 月完成初稿的编制并通过标准立项的会议答辩，获得立项批准。

2021 年 12 月，中国工业清洗协会召开了标准编制启动会，成立了标准起草组，并对标准内容进行了讨论修改。

2022 年 6 月，经标准起草组两次讨论完善，修改形成了标准征求意见稿。讨论过程中，经全体起草组全体人员同意，为了更好的将本标准与“SY/T 6696 原油储罐机械清洗作业规范”进行区别，同时突出本标准新工艺方法的主要特点，建议将“外浮顶原油储罐分步抽出法机械清洗作业规范”修改为“外浮顶原油储罐分步搅拌抽出法机械清洗作业规范”。

2022 年 6 月 28 日-7 月 28 日，进行了意见公开征求，征求意见稿在协会网站、微信客户端进行了宣传介绍，同时有针对性的向用户单位、同行企业发送征求意见稿，共定向发送 69 家单位，收到 8 家单位反馈意见，共收到意见：99 条；采纳 84 条，部分采纳 5 条 未采纳意见 10 条。

2022 年 8 月 11 日，中国工业清洗协会在山西大同召开了“2022 年度协会专委会及行业标准化工作会议”，会上对本文件的编写格式提出了新要求，按照会议要求，编写组对文件进行了重新编写修改，形成了修改后文件。

3、标准编制的工作原则和依据

本文件将按照 GB/T1.1—2020 《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》起草。

本文件将在充分总结、吸收国内原油储罐机械清洗工艺和规范要求的基础

上,结合国家和行业在石油行业和原油储罐清洗“质量、环境、职业健康安全”管控的要求,在总结外浮顶原油储罐分步抽出法机械清洗作业工艺的基础上,编制完成文件的内容大纲、章节、分支条目,组织人员编制完成文件的各项内容,形成文件初稿。

本文件将包含外浮顶原油储罐分步抽出法机械清洗作业工艺的技术要求,工艺要求,管理控制要求(质量、环境、职业健康安全)等内容,为外浮顶原油储罐分步抽出法机械清洗提供技术和管控支持。

文件在一些术语和定义、管理控制要求上参考和引用了国内外储罐清洗规程的相关内容,但工艺和程序控制为全新设计,国内外无参考资料;清洗工艺所采用的一些设备、器材也是根据本公司的发明专利设计加工的,控制参数和检测要求也是根据工艺特点制定完成,即本文件为新制定的标准。

原油储罐的清洗是一项安全要求高、作业时间长、劳动强度大、环境要求严的高危作业,由于储罐结构特点和储存物质的特性,储罐清洗作业面临缺氧窒息、重金属中毒、火灾爆炸、浮顶坠落、罐体塌陷、废弃物污染等诸多危险,上述危险将会对人体、设备、环境造成危害,因此原油储罐清洗作业的规范化对于提高储罐清洗的安全管控具有重要意义。

本文件结合外浮顶储罐的特点,通过福建迅达石化公司多年的实践经验,通过采用新工艺、新设备,制定了新的作业规范,主要作业控制步骤 15 项,分别为:作业管理、控制要素、清洗系统的组成、清洗系统的安装与调试、分步搅拌、淤渣抽取、浮顶泵罐底大循环搅拌及抽取、惰性气体注入、液态油和蜡油抽取、清洗循环泵罐底大循环搅拌及抽取、水清洗、水清洗废液抽取、检查与清理、、临时设施拆除、储罐清洗验收及作业资料管理,实现了外浮顶储罐机械清洗的安全、环保、高效、洁净等目标。该规范的作业程序和控制方案由福建省迅达石化工程有限公司提出并在多个作业现场成功实施,使用结果表明,该方案具有如下特点:

(1) **作业时间短**(油储罐的清洗所用时间为传统清洗作业时间的 50%~70%);

(2) **安全风险低**(大量罐底污泥通过机械清洗转移,罐内易燃易爆挥发性气体含量易于控制;作业人员在罐内作业时间的减少,可进一步降低了窒息、中毒、点火爆炸、重物坠落等风险);

(3) **清洗效果好**(罐体侧壁的附着物基本不需人工清理,储罐底部的加热管道、电化学保护金属块、支撑腿等影响机械清洗的因素通过改善清洗工艺等措施得以解决,箱底只有在边缘存有少量淤泥,其它位置基本无需人工清扫);

(4) **清洗成本少**(清洗时间短、安全系数高、人工作业量少使整体作业成本降低);

(5) **劳动强度小**(后期人工清理油泥、油渣量为传统清淤量的 10%左右,清洗过程中的非溶解性物质可不停机装袋转移)

(6) **作业程序简单高效**(与传统的清洗工艺相比,清洗系统的设计所用设备更少、工艺简单高效、操作程序易掌握、安全管控易实现、劳动强度大大降低)

(7) **环境和社会效应优良**(可回收物质的转移在密闭环境中完成,油泥和油渣的转移主要在机械清洗过程中完成,减少了对土壤污染的影响条件)。

4、标准主要内容说明

4.1 “外浮顶原油储罐分步搅拌抽出法机械清洗作业规范”编写的动因

4.1.1 传统机械清洗浮顶油罐存在的问题

传统机械清洗浮顶油罐方法尚有诸多的不利因素足，影响清洗效率和造成能源浪费，具体表现在：

(1) **热能消耗极大。**在余油加热搅拌阶段，淤渣之上、浮船之下的余油量数千立方米，将其加热搅动需要大量的热能。在热油喷射熔渣、热水清洗残渣阶段的数天时间内，还要不间断的为热油、热水加热，需要消耗大量的热能。

(2) **容易形成“垃圾搬家”。**在余油移送它罐、热油喷射熔渣的阶段，由于现有分离过滤设备的能力有限，会将部分热熔的石蜡、沥青以及悬浮起来的泥沙、杂质，移送到其它油罐，造成A罐的沉积物，搬运到B罐的现象。

(3) **需要同介质清洗用油。**油罐在需要清洗阶段一般都是剩存着大量淤积油泥，需要加入超过加热盘管高度或者是淤积油泥5倍的同种油，分阶段性加注同种油进行加热，淤积油泥经过加热后溶化，再进行射流破碎。进行类似的反复循环作业，直到清除全部淤积油泥。

(4) **射流清洗枪存在问题。**在目前机械清洗过程中，自动射流清洗枪是靠轴向、径向360°自动旋转清洗，射流清洗枪存在5个缺点：

a) 在清洗设备的油泵采用离心泵容易把半固体物输进去又转出到清洗枪，喷出到罐壁或者罐设备碰撞容易造成事故，特别是对高压力的泵；

b) 隔浅罐内淤积油泥渣用清洗枪射流破碎，这种射流破碎施工方法容易会引起罐内静电发生；

c) 在启用自动转向射流清洗枪破碎沉淀油泥时，其实能起有效破碎时间和行程只有50%，其它射流造成空喷和喷射向浮盘底部，反而与罐壁造成粘染稠油层，后期还需要大量水来清洗它；

d) 油罐底和罐壁由于刷了厚強型的涂料，其表面结构将会产生许多小气孔，有些肉眼是看不出来，用放大镜才能发现，这些沉淀油泥沉淀底部后受于满罐油的压力自动与罐底涂料面层粘结在一起，使用自动转向射流清洗枪要将沉淀油泥破碎分离罐底需要很较长时间；

e) 轻质腊油加热升温一定要适合于该油的熔点，不宜过低。

(5) **沉积物存在认识误区。**在清洗油罐最后阶段会出现在罐底部会出现沉积物，这些沉积物以前都认为是油渣泥，其实是大部分都是浮在油面上大部分是轻质腊油。这些轻质腊油由两部分大部分组成：一是油注入油罐后一些密度比较轻的油将慢慢上浮伏盖在整个油罐的油层上面，在常年使用中轻质腊油含量将慢慢增加，变成整个油罐的上层部分有或多或少的轻质油腊油，又因为整个油罐的出入口只有一个，加上出口高度受油管线的限制，每次抽油无法抽空，所以这些轻质腊油就永远都存储在油罐内；二是在正常生产中油罐进出油时，浮盘就跟随液位高低起浮和下降，下降时由于刮腊板装置随着液位下降刮下的腊油都存储在液位上层，油罐的进出口都在设在最底部，所以这些轻质腊油不容易全抽出，在正常的使用中跟随液位的降到最低直接与下面真正沉淀沉积物混合在一起。这些油凝固点低，一旦失去了加热，温度降低马上就会凝固，就和最低层沉淀油泥组合在一起，所以产生误认为这些混合物都是沉积物。

4.1.2 油罐清洗新工艺及设备简介

从2008年起福建省迅达石化工程有限公司就针对上述问题通过对储油罐射流清洗、油水分离、淤渣破碎、安全保护和控制、监测等关键核心技术进行了深入研究，成功开发了十余件具有自主知识产权的专利技术，形成了一套使用于储罐机械清洗的成套设备和创新机械清洗的新方法，创新的清洗技术做到了技术先

进，安全可靠，对环境无污染，最大限度实现资源再利用，且清洗时间短，不受气候的影响。新工艺及设备特点主要有：

(1) **清洗工艺革新**。利用安装在外浮顶上的启动油泵直接对罐内沉积油渣进行破碎抽吸新工艺，直接移送高浓度、高粘度的淤渣，并且本作业温度只要 50℃，而传统的机械清洗要达到 80℃。它有两个循环清洗操作：①气动油泵通过抽吸管抽吸罐内油至射流破碎枪，破碎罐底固体沉积物，循环破碎直至破碎枪周围的沉积物全部破碎与油形成混合物；②气动油泵通过抽吸管抽吸罐内混合油、送至罐外油渣分离系统，进行液固分离，分离后油可送至射流破碎枪，当作破碎沉积物用油。作业直至所有沉积物都被清除出至罐外为止。全部工艺过程，不借用大量同品质油，避免了大量热能消耗，脱渣装置阻断了“垃圾”进入其它储罐，是一个合理、经济、高效的工艺路线。

(2) **外浮顶油罐立柱升降装卸专用设备**。利用它可对外浮顶油罐浮盘上的支腿立柱进行有计划的快速装卸作业，这样就可以在外浮顶盘上，拔出支腿立柱、安装抽吸管或射流破碎枪。由于是有计划的少量拔出支腿立柱，因此支腿立柱拆除后不会影响整个浮盘均衡支撑，不会造成浮盘倒塌及焊缝破裂。

(3) **射流破碎枪**。在罐内破碎沉积物的有效半径大于两支腿立柱间距，可实现对罐内沉积物进行无死角破碎。

(4) **油渣分离系统**。把来自罐内的混合油进行液固分离，分离后的油可送至射流破碎枪，当作破碎沉积物用油，或稀析油渣便于油泵抽出罐外。

4.2 标准适用范围

本文件规定了钢质外浮顶原油储罐分步搅拌抽出法机械清洗作业的管理控制要求和作业规范。

本文件适用于钢质外浮顶原油储罐的分步搅拌抽出法机械清洗作业。

4.3 标准结构框架

本文件计划共设 7 章，即：

- (1) 范围；
- (2) 范性引用文件；
- (3) 术语和定义；
- (4) 管理控制要求；
- (5) 清洗作业。
- (6) 储罐清洗验收及作业资料管理
- (7) 附录

4.4 术语和定义

本文件定义了 12 个术语：

- (1) 清洗循环泵；
- (2) 平面射流搅拌；
- (3) 多向射流清洗；
- (4) 浮顶泵；
- (5) 浮顶泵组；
- (6) 螺杆式压力滤油器；
- (7) 蜡油层。
- (8) 分步搅拌抽取法
- (9) 爆炸上限
- (10) 爆炸下限

(11) 缺氧环境

(12) 惰性气体

4.5 技术要求指标的确定

4.5.1 本文件的编制参考了下列标准的相关条款内容：

GB 6067 起重机械安全规程

GB 50493 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范

GB/T 19001 质量管理体系 要求

GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南

GB/T 28001 职业健康安全管理体系 规范

GB/T 45001 职业健康安全管理体系 要求及使用指南

SY/T 6319 防止静电、闪电和杂散电流引燃的措施

SY/T 6524 石油工业作业场所劳动防护用其配备要求

SY/T 6820 石油储罐的安全进入和清洗

SY/T 6696 储罐机械清洗作业规范

AQ/T 3042 外浮顶原油储罐机械清洗安全作业要求

4.5.2 本文件“4 管理控制要求”条款主要参考了“SY/T 6696 储罐机械清洗作业规范”的编写格式和相关内容。

4.5.3 本文件“5 清洗作业”条款的主要技术指标及目的和意义如下：

(1) 本文件“5.1 作业管理”：规定了“作业准备”“清洗现场勘探和技术及安全交底会议”、“清洗期间的协调会议”、“储罐气体监测”的相关内容和方法，明确了原油储罐在清洗过程中需进行的管控步骤及内容方法。

(2) 本文件“5.2 控制要素”：规定了清洗作业的通用管理要求、清洗前的控制要素、清洗过程中的控制要素。对清洗过程中“环境、职业健康安全”相关管理内容进行了细化，对清洗前的“环境、职业健康安全”的条件检查提出了要求。

(3) 本文件“5.3 清洗系统的组成”：对“外浮顶原油储罐分步抽出法机械清洗作业”的系统组成、设备功能和技术指标进行了规定说明。

(4) 本文件“5.4 清洗系统的安装与调试”：对清洗系统安装时的油罐存油高度、油温控制、安全管控内容、安装要求、调试条件等做了明确规定。

(5) 本文件“5.5 分步搅拌”：规定了分步搅拌的工艺步骤、条件要求、控制要素等，其目的是保证分步搅拌的效果。

(6) 本文件“5.6 淤渣抽取”：规定了淤渣抽取的工艺要求、控制要素等，其目的是保证淤渣抽取的效果。

(7) 本文件“5.7 浮顶泵罐底大循环搅拌及抽取”：规定了浮顶泵罐底大循环搅拌及抽取的工艺要求、控制要素等，其目的是保证浮顶泵罐底大循环搅拌效果，确保罐底淤渣存量降至目标要求。

(8) 本文件“5.8 惰性气体注入”：主要内容包括作业准备（浮顶的密封和检测项目）、方法与程序（开始注入的时间、气体浓度的控制）。

(9) 本文件“5.9 液态油、蜡质油抽取”对蜡油抽取前原油储罐油位高度作了明确规定，对蜡油抽取的作业方法、蜡油抽取后的液态油抽取后的油位高度、抽油阶段的氧气和有害气体的检测和控制要求等作了明确规定，为液态油、蜡油抽取作业提供了技术和安全保证。

(10) 本文件“5.10 清洗循环泵罐底大循环搅拌及抽取”规定了清洗循环泵罐底大循环搅拌及抽取的工艺要求、控制要素等，其目的是保证清洗循环泵罐底大循环搅拌及抽取效果，为水冲洗提供有利条件。

(11) 本文件“5.11 水清洗”：对水清洗的工艺、水质、水温、喷头、设备、气体检测等提出了具体要求，其目的是保证水清洗质量。

(12) 本文件“5.12 水清洗废液抽取”：规定了水清洗废液抽取的作业程序，油水分离作业要求及作业期间的安全管控方法。

(13) 本文件“5.13 检查、清理”：规定了检查、清理时的作业程序、安全管控要求、作业时需履行的手续、作业内容等。

(14) 本文件“5.14 临时设施拆除作业”：规定了临时设施拆除作业的条件，并对拆除设备的整理、台账、包装、运输，废弃物排放等提出了明确要求。

4.5.4 本文件“6 储罐清洗验收及作业资料管理”规定了油罐清洗验收标准，即：①作业现场恢复原貌；②原油储罐内部达到能够工业动火作业的条件。

4.5.5 本文件清洗作业的操作和控制程序为原创的，本标准创新性内容如下：

(1) 对本文件实施过程中的专用工具和工艺方法进行了定义和命名；

(2) 针对工艺的技术特点，对工艺实施过程中的质量、安全、环境管控等要求进行了规定；

(3) 制定了详细的工艺实施的操作程序，包括：

① 工艺实施前的条件要求

② 检测要求

③ 设备要求

④ 危险点辨识及防护要求（点火和爆炸危险、窒息和中毒危险等）

⑤ 清洗作业的程序及控制要求，

本标准的主要创新点为：分步搅拌、淤渣抽取、浮顶泵罐底大循环搅拌及抽取、液态油和蜡油抽取、清洗循环泵罐底大循环搅拌及抽取、水清洗、水清洗废液抽取等。与“SY/T 6696-2014 储罐机械清洗作业规范”规定的控制程序和要求有本质的区别。

4.6 附录的说明与应用

附录 A(资料性文件) 浮顶原油储罐清洗工艺流程；

附录 B(资料性文件) 原油储罐危险描述；

附录 C(资料性文件) 氧气和可燃气体分析仪

附录 D(资料性文件) 清洗条件检查表

附录 E(资料性文件) 原油储罐清洗现场调查表

附录 F(资料性文件) 原油储罐清洗效果检查表

4.7 相关试验方法的确定及验证过程

本文件气体检测相关试验方法与国内相关标准一致，无需验证程序。

5、预期达到的经济效益

本文件的编制完成和实施将会提高外浮顶储罐机械清洗的技术水平；降低清洗过程中的安全风险和环境风险；施工时间减少 30%~50%，大幅度减少了清洗工作强度和成本，经济效益显著。

6、与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

本文件与现行相关法律、法规、规章及相关标准是一致的。

与 SY/T 6696《储罐机械清洗作业规范》相比，通过增加不同的清洗枪和抽吸泵，设计了新的机械清洗工艺，既不影响 SY/T 6696《储罐机械清洗作业规范》的执行，也不存在矛盾。

7、重大分歧意见的处理经过和依据

采纳标委会会议上专家提出的对本文件“4 管理控制要求”条款可按“SY/T 6696 储罐机械清洗作业规范”的相关内容进行重新编修的建议，根据“外浮顶原油储罐分步搅拌抽出法机械清洗作业规范”的工艺特点进行了修改。

8、对标准性质的建议说明和依据

本文件的编制完成和实施将会提高外浮顶储罐机械清洗的技术水平；提升我国在外浮顶储罐清洗领域的技术地位；降低清洗过程中的安全风险和环境风险；减少清洗成本，提升企业的效益和市场竞争能力；该项标准的工艺和技术水平可达到国内领先、国际先进水平；编制组计划根据团体标准编制完成和实施情况，择机修订进一步申请升级为行业标准。

本文件的工艺技术目前已经成熟且已在多个清洗工程中使用，具备编制条件

9、贯彻本标准的要求和措施

本文件颁布后，需文件编写人员完成文件宣贯和现场施工指导培训。

10、废止现行有关标准的建议

本文件与现行有关标准无冲突，可并行使用。

11、其他应予说明的事项

本标准的“4 管理控制要求”的格式和内容主要参考了“SY/T 6696 储罐机械清洗作业规范”对应章节的要求，并结合“外浮顶原油储罐分步搅拌抽出法机械清洗作业规范”的工艺特点进行了修改补充。