

ICS 03.080.10

CCS P 02

# 团 体 标 准

T/QX XXX—XXXX

## 外浮顶原油储罐分步搅拌抽出法机械清洗作业规范

Specification for step-by-step stirring and extraction of external floating roof crude oil storage tank  
mechanical cleaning operation

(标委会二次征求意见稿 20220831)

2022-XX-XX 发布

2022-XX-XX 实施

中国工业清洗协会 发布

# 前言

本文件按照 GB/T 1.1—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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国工业清洗协会提出。

本文件由中国工业清洗协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 外浮顶原油储罐分步搅拌抽出法机械清洗作业规范

## 1 范围

本文件规定了钢质外浮顶原油储罐采用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。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- 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
- AQ/T 3042 外浮顶原油储罐机械清洗安全作业要求
- 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品配备要求
- 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

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**分步搅拌抽出法 Step-by-step stirring and extraction method**

控制浮顶泵，按照淤渣沉积物由厚至薄的顺序进行分步平面射流搅拌，并将淤渣分步抽出的机械清洗作业方法。

### 3.2

**清洗循环泵 Cleaning circulating pump**

布置在原油储罐外侧，用于水冲洗、清洗补油、油水分离器析出油输送的循环泵；应选用单螺杆泵或离心泵。

### 3.3

**平面射流搅拌 Plane jet agitation**

旋转喷头喷射的动态射流面平行于罐底的搅拌方式。

### 3.4

**多向射流清洗 Multi-direction jet cleaning**

喷头按设定参数以射流枪顶点为圆心进行球形旋转清洗。

### 3.5

#### 浮顶泵 Floating roof pump

布置在原油储罐浮顶上部，用于射流搅拌、介质抽取和移送的动力泵；应选用气动泵或液压泵。

### 3.6

#### 浮顶泵组 Floating roof pump group

多台浮顶泵组成的泵组。

### 3.7

#### 螺杆式压力滤油器 Screw type pressure oil filter

螺杆推送进料，叠片过滤的滤油装置。

### 3.8

#### 蜡质油 Waxy oil

在清洗原油储罐中析出并悬浮在液油上部的高凝油。

### 3.9

#### 爆炸上限 maximum explosive limit

可燃物与空气所组成混合物遇火源即能发生爆炸的最高体积浓度。

### 3.10

#### 爆炸下限 low explosive limit

可燃物与空气所组成混合物遇火源即能发生爆炸的最低体积浓度。

### 3.11

#### 缺氧环境 lack of oxygen environment

环境中所含的氧气的体积浓度低于环境体积浓度的 19.5%。

### 3.12

#### 惰性气体 inert gas

在机械清洗作业过程中为了避免产生火灾爆炸，向罐内注入的非助燃气体。

## 4 管理控制要求

### 4.1 清洗队伍的基本要求

4.1.1 清洗单位通过 GB/T 19001、GB/T 24001、GB/T 28001、GB/T 45001 管理体系认证。

4.1.2 应具有相应资质的技术人员及装备。

4.1.3 应使用专用机械装置完成储罐的清洗。

4.1.4 应具有完整的技术、质量、环境、职业健康安全和项目管理组织机构。

4.1.5 作业人员应身体健康，经过专业培训。

### 4.2 作业劳动防护用品的基本要求

#### 4.2.1 劳动防护用品的配备

劳动防护用品应包括但不限于以下装备：防毒面具、呼吸器、绝缘手套、绝缘鞋、安全带、保险绳，安全网。配备应符合 SY/T 6524 的相关规定。

#### 4.2.2 防护服的要求

进罐人员应穿防护服。防护服的要求如下：

a) 应保证密封性良好，防止皮肤接触罐内介质。

b) 应使用鲜艳颜色以增加作业人员之间的相互识别。

- c) 应符合 SY/T 6340 的相关规定，具有防静电性能。
- d) 应配备防护帽、防护手套，防护鞋、防护眼镜等。

#### 4.2.3 呼吸防护用具的要求

##### 4.2.3.1 佩戴空间

作业人员进入有毒有害气体的有限空间，应佩戴呼吸防护用具。

##### 4.2.3.2 呼吸防护

呼吸防护应满足以下要求：

- a) 使用者应遵循防护用具的操作要求。
- b) 呼吸防护用具的选择应根据作业人员将要面对的危险等级而定。
- c) 使用者应经过正确使用呼吸防护用具方面的指导和培训。
- d) 呼吸防护用具应保持清洁。保存在一个方便、整洁、卫生的地方。
- e) 呼吸防护用具每次使用前应进行检查，每月至少检查一次。
- f) 应对工作环境进行持续监测，作业人员在作业环境下的暴露程度和所受的危害程度应严加监视。
- g) 在没有证实作业人员的身体条件符合作业需要和设备使用需要的情况下，不应给这些作业人员分配呼吸防护用具。
- h) 佩戴呼吸防护用具使用者应接受合适性测试。
- i) 应通过空气罐、呼吸空气压缩机或是长管呼吸器等提供洁净气源。

##### 4.2.3.3 空气供给管路和接口

呼吸空气供给系统管路接口与其他供气系统的接口型号不应相同，以防止呼吸空气供给管路与其他非呼吸用气体相连接。

监护人应保证新鲜空气进入呼吸空气储罐内。

#### 4.3 作业工具用具的基本要求

4.3.1 作业设备、作业工具、照明工具、通信工具应符合防爆要求。

##### 4.3.2 气体检测仪的基本要求：

- a) 气体检测仪应能够连续监测清洗储罐内的氧气浓度、可燃气体浓度。
- b) 手持式检测仪应能够监测氧、可燃气体、硫化氢，一氧化碳的浓度，仪器的配备应符合 GB 50493 的相关规定。
- c) 气体检测仪的配备，应根据清洗储罐的大小，监测点宜采取 3 处~6 处。
- d) 其他关于气体检测仪的要求参见附录 C。

#### 4.4 清洗作业的一般要求

##### 4.4.1 可清洗原油储罐的要求

可清洗原油储罐的要求包括：

- a) 原油储罐罐壁和罐顶应满足安装清洗机所需的开孔，开孔需与业主方商议。
- b) 原油储罐中应有足够数量、足够尺寸可连接上机械清洗装置的抽吸管口、开孔等。
- c) 原油储罐具有良好的密封性，浮顶呼吸阀应正常运行。
- d) 原油储罐防雷、防静电装置处于完好状态。

##### 4.4.2 作业现场要求

作业现场要求有：

- a) 应具备清洗用水、蒸汽热源、动力电源。
- b) 应有放置机械清洗装备及器材的场地，有易于操作、巡检及应急撤离的安全通道。
- c) 应有接收温水清洗后废水排放的条件。
- d) 业主方应负责最终罐底残余废物的环保无害化处理工作。

##### 4.4.3 其他相关原油储罐的要求

其他相关储罐的要求包括：

- a) 接收容器应能够容纳清洗后的全部回收的油量，并且接收管口满足要求。
- b) 清洗油供给储罐提供的清洗油量能够满足清洗要求，并且供给管口满足要求。
- c) 当清洗油供给储罐与接收回油储罐为同一储罐时，供油管口与接收油管口之间应尽可能远离。

#### 4.4.4 原油储罐清洗作业危险及防范

##### 4.4.4.1 火灾和爆炸危险

当可燃气体和空气达到一定的比例混合后，在遇明火时就会发生火灾。更加详细的描述参见附录 B。

当进行罐内作业时，应采取措施控制火源以避免发生爆炸。原油储罐内的气体应进行测试。

静电也有可能引起爆炸，防雷防静电接地装置应良好，防范措施及要求应符合 SY/T 6319 的相关规定。

##### 4.4.4.2 缺氧

如果储罐被封闭，氧化过程(生锈过程)将会耗尽罐内的氧气。在工人进入储罐之前，储罐应进行氧浓度检测，并分析储罐内部的气体条件。当工人在罐内时，需要时应对罐内氧气含量进行监测，以确保罐内的氧气含量没有发生变化。

##### 4.4.4.3 有毒、有害物质

有毒物质根据其毒性、浓度和暴露时间，可以造成刺激、伤害、疾病，甚至死亡。根据有毒物质的性质和特点，接触途径包括呼吸吸入、皮肤或眼睛吸收、误食等。

硫化氢是一种剧毒、易燃的气体，它会出现在油品的生产、储存、酸性石油和石油组分的炼制过程。

储罐潜在危险的详细的描述参见附录 B。

##### 4.4.5 器材吊装运输作业的要求

器材吊装运输应满足以下要求：

- a) 超出车厢外及有散落倾向的器材，应采取捆绑固定措施，并申请相关手续。
- b) 作业现场，用警示带进行隔离，禁止非作业人员入内，同时安装安全标志牌，预留进行作业、检查的安全通道。
- c) 起重机械的起重臂伸出高度应满足罐顶器材吊装的要求，吊具应确认无安全隐患。
- d) 指挥吊车作业、挂钩作业由起重工进行，应使用允许负荷以上的吊具；起重机的使用应满足 GB 6067 的相关要求。
- e) 在罐顶上硫化氢为  $10\text{mg}/\text{m}^3$  以上时，应佩戴防护面具作业。
- f) 罐顶器材吊装时，应在防风壁上配置起重工，指挥作业。器材吊入作业时，器材应分散放置。

##### 4.4.6 临时设置作业的要求

临时设置作业的要求：

- a) 各设备电机旁、清洗储罐检修孔旁及罐顶应配置足够的灭火器。
- b) 作业区域内应按规定使用防爆工具。
- c) 与业主方管线的连接，应安装临时阀门，与原有管线的连接，应使用挠性软管进行过渡连接。而且应在移送管线上安装止回阀，防止逆流。
- d) 使用挠性软管时，应在最大安装偏位范围之内。
- e) 电气机器的配线，应合格，并全部用接地线连接到储罐接地线上。
- f) 电气设备的绝缘阻抗值应在  $0.5\text{M}\Omega$  以上，独立接地阻抗值在  $10\Omega$  以内，接地线为  $14\text{mm}^2$  以上。

- g) 电气机器的电源，应安装漏电断路器。
- h) 临时设置管线的连接部，应安装铜质接地线，其端部宜连接到储罐地线上。
- i) 高空作业时，应使用安全带进行防护。
- j) 在管道穿越通道时，应采取措施保证人、车通过。
- k) 蒸汽管道应采取保温措施，并设置警示标志，防止人员烫伤。
- l) 临时设置管线连接完成后，使用空气、水或氮气进行密闭性试验。

#### 4.4.7 余油移送作业的要求

余油移送作业的要求如下：

- a) 业主方负责操作罐体本体设备，应确认阀门严密，进行锁定管理。
- b) 移送油时应定期巡视，检查无漏油。
- c) 各个泵投入运行时，应按照检查目录定时进行检查，运行中应确认电流与压力等正常并记录。
- d) 测定罐顶上的有毒有害气体浓度，确认安全。
- e) 在罐顶侧板上标上标记，确认罐顶各部均匀下降。
- f) 确认罐顶支柱已着底后，注入惰性气体。

#### 4.4.8 油搅拌及抽取作业的要求

油搅拌及抽取作业的要求如下：

- a) 应对氧气浓度进行监测。
- b) 在作业过程中，应定期巡视，确保无漏油处。
- c) 在各个泵投入运行时，应按照运行记录进行检查，确保运行设备正常。
- d) 测量罐顶上的有毒有害气体、氧气及可燃气体浓度，确认安全。

#### 4.4.9 温水清洗作业的要求

温水清洗作业的要求有：

- a) 应对氧气浓度进行监测。
- b) 应确定挠性软管无变形，法兰盘部无渗漏。
- c) 应监视油水分离槽的液面高度，防止溢流。

#### 4.4.10 通风作业的要求

通风作业的要求包括：

- a) 打开检修孔时，操作人员应佩戴呼吸防护用具，使用防爆工具，并有专人监护。
- b) 先打开罐顶检修孔，再打开侧壁检修孔。
- c) 检修孔打开后，均应标出“禁止入内”的标志。
- d) 打开侧壁检修孔时，应先从下风侧进行。
- e) 在打开检修孔时，应采取防止漏油措施。
- f) 强制换气应使用防爆换气扇。

#### 4.4.11 储罐进入的要求

储罐进入的要求包括：

- a) 所有进罐作业均应获得业主方的批准，并办理好《受限空间作业许可证》。
- b) 应有人佩戴供氧呼吸装置先进入储罐，测量储罐内的气体浓度。
- c) 氧气体积浓度为 20%以上，可燃气体体积浓度为 0.01%以下时，可不戴面具作业，可燃气体体积浓度为 0.01%以上时，应佩戴供氧呼吸装置、供氧管面具作业，硫化氢浓度在  $10\text{mg}/\text{m}^3$  以上时，禁止进罐作业。
- d) 在储罐进口处，应明示氧气浓度、可燃气体浓度和硫化氢浓度的记录及进罐人员的身份记录。
- e) 在储罐进口处，应配置监护人，同时常备呼吸防护用具和灭火器。

f) 储罐内配备合适照明用具，完善作业环境。

## 5 清洗作业

### 5.1 作业管理

在原油储罐开始清洗前，应制定书面作业计划，编写施工方案并通过审核批准，组织各作业单位进行交底培训。这些管理要求主要包括以下内容。

#### 5.1.1 作业准备

作业准备包括以下的识别和要求：

- a) 需要清洗的原油储罐编号、移送原油储罐位置；
- b) 原油储罐结构及储油状态；
- c) 储存的油品及特性；
- d) 需要完成的清洗作业；
- e) 业主、承包商及作业人员的角色和责任；
- f) 清洗作业的进度表；
- g) 业主根据批准好的施工方案中的计划提供办理作业中所需各种水、电、蒸汽等及相应措施要求。

h) 完成“原油储罐清洗现场调查表”的填写，表格内容详见附录 E。

#### 5.1.2 清洗现场勘探和技术及安全交底会议

原油储罐清洗前业主单位应组织相关作业单位进行现场勘察和首次会议。这次会议的内容包括：

- a) 所有参加原油储罐清洗作业或其活动可能影响清洗作业的各方代表；
- b) 原油储罐相关设备和装置拆卸和清洗设备的安装；
- c) 特定的气体排放、处理和通风作业要求；
- d) 业主和作业单位的工作内容和职责；
- e) 原油储罐清洗作业的技术、质量、安全和环境控制要求；
- f) 清洗作业的锁定/标记、隔离方式和能源提供的要求
- g) 清洗作业的危险点辨识和预防措施。

#### 5.1.3 清洗期间的协调会议

会议的目的是处理清洗过程中需要协调解决的问题，包括：

- a) 安全问题；
- b) 清洗期间问题的协调处理；
- c) 承包商、分包商的工作协调；
- d) 清洗范围和内容的调整；
- e) 危险点和危险控制措施的变化；
- f) 其它条件的改变。

#### 5.1.4 储罐气体监测

##### 5.1.1.1 气体检测设备

气体检测设备要求如下：

- a) 在线式检测仪能够连续多点监测清洗储罐内的氧气浓度和可燃气体浓度。
- b) 移动手持式检测仪能够监测氧气浓度、可燃气体浓度、硫化氢气体浓度和一氧化碳气体浓度。
- c) 所有检测仪应获得相关主管部门的认可并定期进行检定校核。

### 5.1.1.2 气体检测

气体检测要求，

- a) 检测人员应经过特殊培训并能够正确操作检测设备；
- b) 手持式检测仪的使用应按 GB 50493 的有关规定选用；
- c) 在对罐内气体进行检测前，储罐应进行通风，以便使罐内气体达到平衡条件；
- d) 检测人员在进入储罐进行检测前，应佩戴呼吸防护用具；
- e) 储罐内氧气浓度，应用气体检测仪进行随时监测，通常测量储罐内 3 处~6 处氧气

浓度指标。

## 5.2 控制要素

### 5.2.1 一般要求

下面的作业要求适用于原油储罐的清洗，这些作业包括但不限于：

- a) 受限空间的分类；
- b) 危险评估和气体检测；
- c) 系统的隔离和阻断（含：锁定/标记）；
- d) 定期安全检查、风险沟通（在清洗期间保持有连续不间断的气体检测工作）；
- e) 设备的操作、维护和检查；
- f) 脱气及通风；
- g) 进罐作业的条件评估；
- h) 呼吸防护；
- i) 淤渣的清除和处置；
- j) 监管许可证的办理和通知；
- k) 浮顶支柱或导向管的安全检查；
- l) 浮顶稳定安全检查。

### 5.2.2 清洗前重点控制要素

- a) 对原油储罐清洗承包商和分包商进行资格审核；
- b) 对项目经理、监护人员、检测人员、作业人员、救援人员进行能力审核；
- c) 对罐内产品、污油泥、淤渣以及用于清洗罐内的危险化学品的潜在安全、火灾和健康危险进行评估；
- d) 建立气体检测、分析、判定程序，确定氧、易燃气体和有毒物质（如硫化氢、苯和有机铅）安全暴露水平的限值及控制方案；
- e) 报审监管机构并获得作业许可证；
- f) 确定清洗原油储罐和周边区域特定的物理危险；
- g) 确定原油储罐的结构条件和物理完整性符合进行安全清洗作业的要求；
- h) 确定受限空间分类方案和程序，并将要清洗的罐体和要进入的浮顶分类为需要许可证的受限空间、不需要许可证的受限空间或非受限空间，办理受限空间许可证；
- i) 确定个人防护和呼吸保护要求；
- j) 分配具体作业内容和职责；
- k) 与所有相关方一起进行原油储罐的清洗前现场勘察和交底会议。
- f) 清洗条件确认表已按要求填写完毕，其内容详见附录 D。

### 5.2.3 原油储罐清洗过程中的重点控制要素

- a) 进入浮顶，检查浮顶的稳定性，检查和安装支承腿或吊索；
- b) 浮顶加固，保护人工清理过程中浮顶下人员不受浮顶倒塌伤害；
- c) 可回收产品转移、污泥和淤渣（危险废物）的去除、处理、储存和处置；

- d) 清洗设备的选择;
- e) 控制区域内潜在的火源, 包括热作业、火花(如不适当的接地和连接)、电动设备、内燃机、照明和通信设备;
- f) 设备操作, 如惰性气体置换设备、泵、排气机/鼓风机、处理装置和油罐清洗设备等;
- g) 正常和紧急通信和通知程序;
- h) 实施应急响应和救援计划; 指定救援人员; 确定所需的救援设备;
- i) 原油储罐的隔离; 包括阀门、连接件、管路、排水管、加热盘管、机电附件等;
- j) 气体排放处理(根据需要)和惰性气体加入;
- k) 清洗期间持续或定期进行检查和检测程序, 以确保清洗期间易燃气体和有毒物质的含量在安全控制范围内, 并持续机械通风或惰性处理;
  - l) 员工在罐内及罐周围的冷热暴露的安全控制(包括作业时间和休息时间控制要求);
  - m) 确保任何受限空间的原油储罐不会处于无人看管的开放状态;
  - n) 在原油储罐内部和周围作业的业主、承包商、分包商的员工应严格执行许可证要求, 包括对个人防护设备和呼吸(呼吸空气)保护的要求;
  - o) 在符合所有分类要求的情况下, 将已清洗原油储罐重新分类为非许可证规定的受限空间或非受限空间;
  - p) 在清洗油罐中, 油的液位降至原油储罐底部加热管道上部 200 mm 前, 油罐的加热系统应维持运行, 控制油温在储罐正常储油温度范围内;
  - q) 相关方应参加清洗期间的协调会议, 讨论作业条件的变化或作业范围的重大变化。

### 5.3 清洗系统的组成

清洗系统由被清洗原油储罐、接收罐、浮顶泵组、螺杆式压力滤油器、油水分离器、清洗循环泵、洁净水、蒸汽及相关阀门和管路组成。系统图详见“附录 A”。

- a) 油水分离器应具有的功能:
  - 功能 1: 在水冲洗前, 作为滤油器的液态油接受器, 液态油通过清洗循环泵输送到接受罐;
  - 功能 2: 冲洗水中间加热水箱; 加热后的水通过清洗循环泵对原油储罐进行温水清洗;
  - 功能 3: 水冲洗阶段的油水分离; 分离后的水按业主要求排至厂区污水处理系统, 分离后的油通过清洗循环泵输送至接受罐。
- b) 原油储罐清洗用水为洁净水, 在油水分离器中, 清洗用水被蒸汽加热到 60℃~70℃, 然后通过清洗循环泵提供的动力对原油储罐进行水清洗。
- c) 清洗水的加热蒸汽由业主提供, 宜来源于原油储罐正常储油时的蒸汽加热系统。
- d) 清洗过程中, 原油储罐充入的保护性惰性气体宜为氮气, 应控制浮顶下部原油储罐内的氧气浓度小于 8% vol。

### 5.4 清洗系统的安装与调试

#### 5.4.1 清洗系统安装条件

- a) 业主单位在倒油作业时, 被清洗原油储罐的储油液位高度应控制在支柱底部距油泥上部不低于 500cm, 维持原油储罐加热系统继续运行, 控制油温为管理温度, 关闭其它所有油罐系统管路的进出口阀门。若储油液位过低, 影响清洗作业时, 应向原油储罐补充同质油。
- b) 封堵浮顶上排气口及支柱套管口防止油气外漏。
- c) 对原油储罐浮顶上部空间进行气体检测, 若气体指标不合格应采取通风等措施, 检测合格后作业人员方可进入浮顶上部进行安装作业, 作业期间浮顶氧气浓度应控制在 19.5%~23.5%, 可燃气体浓度应小于爆炸下限, 有毒有害气体应控制在安全范围内。
- d) 作业前应办理进入清洗现场(含浮顶)的作业许可证。

e) 对浮顶表面的设备和顶盘进行目视检查,对发现的边缘密封、浮顶固定等问题按程序要求进行处理。

5.4.2 清洗系统的设备安装,参见“附录A 浮顶原油储罐清洗工艺流程图”。

5.4.3 临时设置管线连接完成后,使用空气、水或氮气进行密闭性试验

5.4.4 根据清洗系统的设计功能,完成系统和设备的调整试验。

### 5.5 分步搅拌

分步搅拌的动力为浮顶泵,搅拌用油从被清洗原油储罐中抽取,通过清洗枪对罐底进行平面射流搅拌,搅拌期间不进行外部移送,工艺流程为:

分步搅拌:抽吸管→浮顶进口管路→浮顶泵→浮顶出口管路→平面射流清洗枪→原油储罐底部。

条件要求如下:

a) 在满足浮顶安全规定要求的条件下,拆卸部分支柱,检测罐内淤渣层、油层、蜡质油层的高度,同时检查支柱、支柱腿套管、固定销的质量,修复或更换有问题的支柱;

b) 将检查(或修复更换)完毕的支柱重新安装复位后,继续抽出相同(或少于)数量的其它支柱,重复上面的检测和检查工作,直至所有支柱全部被抽出和复位;

c) 记录支柱检测和检查结果,对罐底淤渣的淤积高度按“高、中、低”的数据进行分类,并在对应的套管部位进行标识;

d) 将具有平面射流搅拌功能的清洗枪通过支柱套管孔伸入到原油储罐底部淤渣上,固定清洗枪于支柱套管上;

e) 将抽吸管通过支柱套管伸入原油储罐中,抽吸管的进口高度应控制在原油储罐液油层中部,抽吸管入口调整完毕后,将其用销子与套管固定;

f) 检查确定浮顶泵的进口、出口阀门和浮顶泵组的其它阀门处于正确的开启状态,启动浮顶泵进行搅拌作业;

g) 搅拌作业时,清洗枪的插入顺序按原油储罐底部淤渣高度(标识)由“高→中→低”顺序完成;

h) 搅拌期间应监测浮顶上部的氧气、可燃气体和有害物质浓度,若浓度超标应停止作业,并撤出浮顶上的所有作业人员,直至氧气、可燃气体和有害物质浓度合格后方可再进行作业;

i) 抽出清洗枪,通过检尺检查搅拌效果,当罐底淤积淤渣与搅拌液油混合变成可流动状态时,抽出清洗枪,并在被抽取清洗枪的对应套管上安装支柱;

j) 重复上述操作,直至浮顶所有支柱下部的淤渣全部进行了搅拌作业;

k) 分步搅拌时,浮顶泵组的泵宜同时搅拌作业。

### 5.6 淤渣抽取

a) 将抽吸管管口下移到罐底,使抽吸管进口尾端口直接插入所要抽出的淤渣混合液,按要求关闭和打开系统的相关阀门,启动浮顶泵进行淤渣抽取作业,主要流程为:

抽吸管→浮顶泵→螺杆式压力滤油器→油水分离器。

b) 淤渣抽取作业期间应监测浮顶上部的氧气、可燃气体和有害物质浓度,若浓度超标应立即停止作业,撤出浮顶上的所有作业人员,直至氧气、可燃气体和有害物质浓度合格后作业方可继续进行。

c) 通过检尺检测法检查抽吸管对应区域的淤渣抽取情况,当对应套管下部区域淤渣抽干干净后抽出抽吸管并在对应的套管上做好标记。

d) 重复淤渣抽取作业,直至全部套管下部区域皆进行了淤渣抽取作业。

e) 淤渣抽取作业期间,应对完成抽取作业的套管进行支撑腿回装,作业时支柱每次抽卸的数量和分布应满足安全要求,并执行先回装支柱再抽卸支柱的作业原则。

f) 淤渣混合液进入螺杆式压力滤油器后, 固体淤渣从前端被排出后, 通过收集器运至业主指定位置, 固废处理由业主负责。

g) 螺杆式压力滤油器滤出的液态油进入油水分离器, 当油水分离器中液态油达到一定液位时, 启动清洗循环泵将其输送至接受罐。

h) 淤渣抽取过程中, 应维持浮顶下部原油储罐内液油的液位, 保证支柱不落底, 期间可启动清洗循环泵对被清洗油罐进行补油作业。

i) 对于搅拌破碎不彻底的罐底淤渣部位, 重新抽出支柱插入清洗枪进行平面射流搅拌作业, 搅拌作业完成后, 抽出清洗枪进行淤渣抽取作业。期间也可采取中心套管搅拌, 同步在相邻套管进行淤渣抽取的作业方式。

### 5.7 浮顶泵罐底大循环搅拌及抽取

a) 将浮顶泵分成两组, 同步进行罐底大循环搅拌作业和淤渣抽取作业。

b) 大循环搅拌作业的喷枪采用平面射流搅拌运行方式, 在罐底由“中心→外围”的方式顺序进行。

c) 罐底淤渣抽取作业沿原油储罐的内壁进行, 即抽吸管沿最外侧套管进行淤渣抽取作业。

d) 作业过程中, 应对罐底管道、中央排水管及阳极保护金属块等位置的淤渣堆积情况通过检尺进行重点检查, 根据检查结果采取重复搅拌和定位抽取措施。

e) 作业期间应监测浮顶上部的氧气、可燃气体和有害物质浓度, 若浓度超标应立即停止作业, 撤出浮顶上的所有作业人员, 直至氧气、可燃气体和有害物质浓度合格后方可再进行作业。

f) 根据罐底淤渣存量的检尺检查结果, 确定作业终点。

### 5.8 惰性气体注入

#### 5.8.1 作业准备

a) 用密封材料密封导向柱与浮顶的贯通部;

b) 密封浮顶浮船边缘与壁板之间的间隙。

#### 5.8.2 方法与顺序

##### 5.8.2.1 注入开始时期

在罐内油移送作业中, 当罐顶与液面间出现气层时, 暂时停止油移送, 在进行密封作业后, 开始注入惰性气体。

##### 5.8.2.2 气体浓度的控制

气体浓度的控制要求:

a) 在油移送的同时, 进行惰性气体的注入。

b) 储罐内氧气浓度保持在体积浓度为 8% 以下视为安全作业环境, 氧气浓度如超过 11% 以上, 采取控制罐内可燃气体浓度处于过浓 [大于 10% (体积分数)] 环境或过缺 [小于 1.5% (体积分数)] 环境。

c) 调整注入量的基本准则: 宜连续注入, 不宜间断注入。氧气浓度超过 8%, 处于上升倾向时增加注入量; 处于下降倾向时减少注入量, 将氧气浓度保持在体积浓度为 8% 以下。

### 5.9 液态油、蜡质油抽取

a) 检查支柱的安装分布应满足浮顶安全落底的条件要求。对支柱套管拔出口、透光孔、脱气口等所有外露口采用多层石棉封堵, 防止原油储罐内的气体外漏。

b) 抽吸管的进口尾端口调整到距离罐底 200mm 左右, 抽管用夹扣固定至套管上, 打开相关阀门, 开启浮顶泵将液油抽送至接受罐。

c) 当浮顶与液面间出现气层时, 暂时停止油移送, 检查浮顶密封情况, 开始注入惰性气体。

d) 当原油储罐储油液位下降至距离浮顶下部 100mm 左右时, 抽吸管口应提至蜡质油层底部边缘位置转入抽取蜡质油作业程序。

e) 根据检尺检测结果调整抽吸管道的插入部位和高度, 直至所有蜡质油抽出完毕。

f) 抽取的蜡质油可通过旁路系统直接输送到接受罐。

g) 蜡质油抽取作业完毕后, 重新转入液油抽出作业程序, 直至原油储罐底部液油液位降至 200mm 左右时, 停止抽油作业。

h) 继续进行液态油抽取作业, 当油位降低至支柱距离罐底 50mm~100mm 时, 暂停抽油作业, 检查浮顶盖的静稳和均衡状态, 期间支柱安装率不小于 90%。

i) 作业期间应监测罐内和浮顶上部的氧气、可燃气体和有害物质浓度, 若浓度超标应立即停止作业, 撤出浮顶上的所有作业人员, 直至氧气、可燃气体和有害物质浓度合格后方可再进行作业。

#### 5.10 清洗循环泵罐底大循环搅拌及抽取

a) 对原油储罐内进行气体检测, 并根据检测结果调整惰性气体加入量, 控制罐中各种气体浓度在安全范围内。

b) 通过浮顶人孔盖、支柱套管等对罐底的淤渣分布情况进行检尺检查, 并对检查结果进行记录和标记。

c) 在气体检测合格后, 通过清洗循环泵进行大循环搅拌作业, 期间对淤渣沉积较多的部位通过浮顶泵进行抽取作业, 其操作程序见本文件“5.6 淤渣抽取”。

d) 清洗循环泵罐底大循环搅拌用油为接受罐内的储油, 清洗动力泵为清洗循环泵;

e) 在清洗循环泵罐底大循环搅拌期间, 浮顶泵组转入抽取作业程序, 抽吸管通过浮顶最外侧套管插入罐的底部进行抽取作业, 期间应根据检尺检测情况对部分抽取位置进行重复抽取作业。

f) 上述大循环搅拌和抽取作业可连续或交替进行, 直至原油储罐底部的淤渣被最大限度的抽取干净。

g) 作业期间应监测罐内和浮顶上部的氧气、可燃气体和有害物质浓度, 若浓度超标应立即停止作业, 撤出浮顶上的所有作业人员, 直至氧气、可燃气体和有害物质浓度合格后方可再进行作业。

#### 5.11 水清洗

a) 水清洗用水为洁净水, 清洗动力泵为清洗循环泵, 中间水箱由油水分离器代替, 加热蒸汽宜为原油储罐储油时的伴热汽源, 清洗枪喷头改为“多向射流清洗”的喷头。

b) 对原油储罐内的气体进行检测, 并根据检测结果调整惰性气体加入量, 控制罐中各种气体浓度在安全范围内。

c) 清洗枪个数可根据罐体直径和清洗循环泵的流量进行设定, 喷头高度根据清洗检测结果进行调整。

d) 清洗期间, 油水分离器中水的液位宜控制在 2/3 高度, 水温控制在 60℃~70℃。

e) 清洗过程中应定期检查罐内淤渣分布情况检查, 并根据检查结果调整清洗枪的位置, 通过透光孔观察原油储罐底表面清洗洁净度。

f) 作业期间应监测罐内和浮顶上部周围的氧气、可燃气体和有害物质浓度, 当检查发现浓度超标时应立即停止作业, 撤出浮顶上的所有作业人员, 直至氧气、气体和有害物质浓度合格后方可再进行作业。

#### 5.12 水清洗废液抽取

a) 将抽吸管通过套管深入到罐底底部低凹处, 开启浮顶泵组进行抽取作业, 抽取的废液进入油水分离器。

b) 油水分离器的废液静置分层后, 下部废水排至业主指定的废水处理系统, 上部液油

通过清洗循环泵输送到接受罐。

c) 作业宜间歇进行，即当油水分离器的油水混合物达到 2/3 高度时，应停止抽取作业，转为油水分离作业。

c) 上述作业重复进行，直至原油储罐底部的废液抽取干净。

d) 作业期间应监测罐内及浮顶上部的氧气、可燃气体和有害物质浓度，若浓度超标应立即停止作业，撤出浮顶上的所有作业人员，直至氧气、气体和有害物质浓度合格后方可再进行作业。

### 5.13 检查、清理

a) 浮顶上部停止作业，人员撤离。

b) 按顺序先打开浮顶盖下部的检修门，然后再开启原油储罐底部的人孔，让原油储罐内的空气形成对流通风。

c) 根据检测结果，当原油储罐内氧气、可燃气体和有毒气体含量皆满足人员进入条件时，办理进罐作业许可证，安排作业人员进罐检查、清理。

d) 原油储罐进入的风险与防范按照 SY/T6820 的规定执行。

e) 进罐作业人员应穿戴相应的防护装置，并有监护人员在人孔外观察监护，检测人员应监测罐内的空气质量，发现问题应立即安排罐内作业人员撤离。

f) 检查若发现罐内水冲洗质量欠佳，或局部淤渣堆积较多时，作业人员应从罐内撤出，关闭原油储罐下部人孔门，重复本文件“5.10、5.11、5.12”作业程序；

g) 确认罐内达到不需要再次清洗条件下，拆除罐壁与浮船中间的密封圈取出海绵排放密封内的液体和气体。

h) 重复进行检测、通风（或 VOC 处理）、检查程序，重新办理进罐作业许可证，作业人员进行罐内淤渣人工清理作业，将淤渣装袋后运至业主指定位置，废物的无害化处理工作由业主负责。

i) 拆除原油储罐清洗临时系统，按合同要求对原油储罐进行恢复施工，详见本文件“5.14”程序要求

j) 业主组织相关单位和部门人员进行清洗效果评价，办理清洗竣工签字手续，竣工签字手续详见“附录 F 原油储罐清洗效果检查表”。

j) 承包商和分包商按业主方的管理要求，将拆卸完毕的设备、备件移出作业现场，详见本文件“5.14”程序要求。

### 5.14 临时设施拆除作业

#### 5.14.1 临时管线拆除

a) 管线内的残存油水，在打开检修孔之前，应排放干净。

b) 临时设置的设备与管线，宜用生产或生活用水清洗设备、管线内残存油水、吹扫干净后，可进行解体拆除，冲洗后废水由业主方进行处理。

#### 5.14.2 解体器材的清理与整理

##### 5.14.2.1 解体器材的清理要求

a) 管线、软管、油水分离器、过滤器等器材应进行内部清理。

b) 工业垃圾应搬运到业主指定场所存放。

##### 5.14.2.2 解体器材的整理要求

a) 器材按种类、尺寸整理并进行包装。

b) 对损毁器材及待检修器材进行统计。

c) 对易漏油的器材及防水、防碰的器材进行防护。

##### 5.14.3 器材的运出

采用与运进时相同的装车方法。

## 6 清洗验收及作业资料管理

### 6.1 原油储罐清洗验收

储罐清洗验收条件如下：

- a) 作业现场恢复原貌。
- b) 原油储罐内部达到能够工业动火作业的条件。

验收表格内容详见附录 F

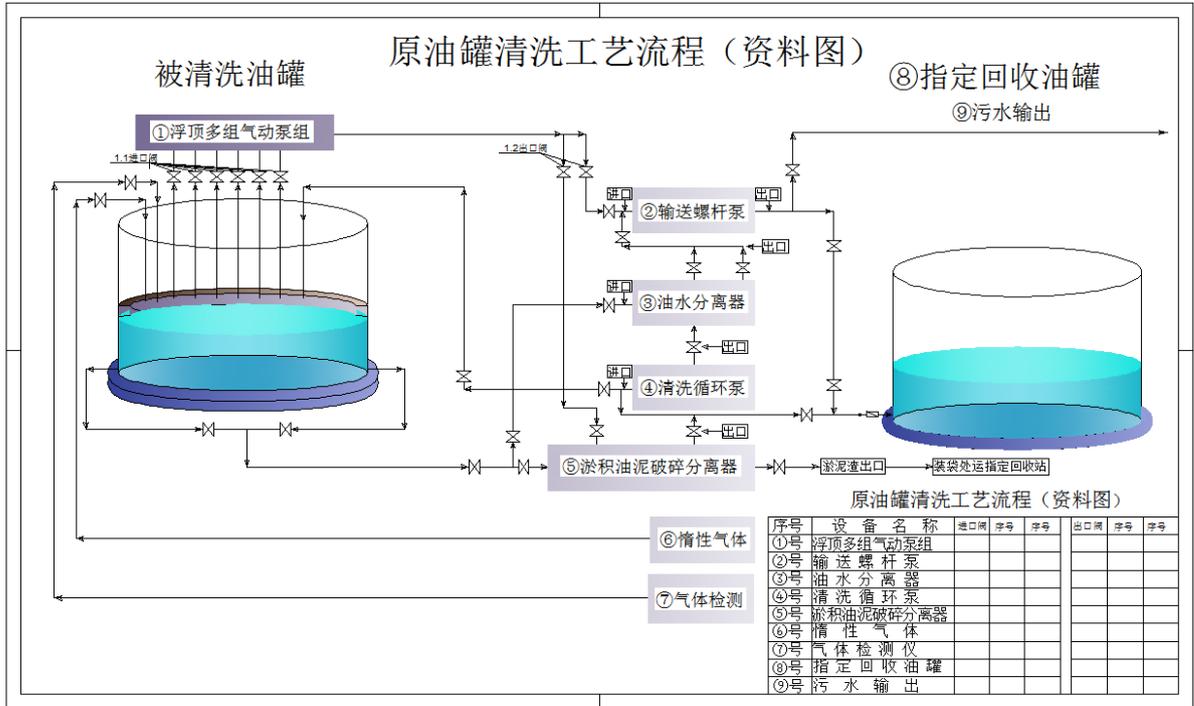
### 6.2 作业资料管理

作业结束后应完善并妥善保管文件资料，记录包括但不限于：交接班记录、设备运行记录、清洗机运转记录、罐内液位检尺记录、接地电阻测试记录等。

附录 A

(资料性)

浮顶原油储罐清洗工艺流程图



注：

(1) 浮顶泵组，由多台浮顶泵组成，为被清洗原油储罐底部淤渣的搅拌和抽取，蜡油、清洗油和水抽取的动力泵；通过出口管路的设计和阀门切换，可实现部分浮顶泵进行搅拌作业，同时另一部分浮顶泵完成淤渣、油、水、蜡质油的抽取作业。

(2) 清洗循环泵既是水清洗的动力泵，同时也是补充清洗用油的动力泵、油水分离器分离油的输出动力设备。

附录 B  
(资料性附录)  
石油储罐危险描述

**B.1 一般要求**

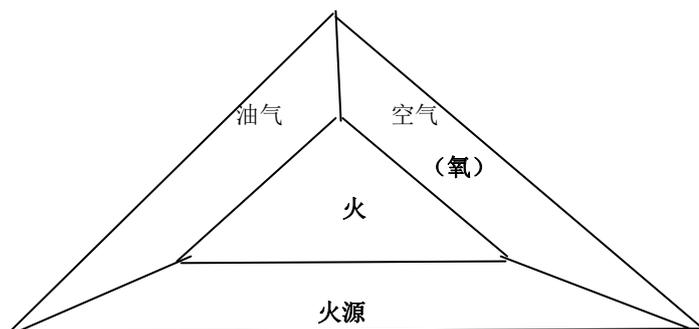
所有储罐，不管其大小，形状以及存储何种油品在不同阶段的作业过程中都会存在以下一种或是几种危险：

- a) 着火或爆炸。
- b) 缺氧或高氧。
- c) 有毒、有害物质(液体、气体、烟和灰尘)。
- d) 人身或其他危险。

业主和在油库附近负责指导作业的人员应完全熟知以上危险，并掌握控制这些危险的方法，能使用防护措施和运用此标准中的程序。

**B.2 着火或爆炸**

当可燃气体与空气以恰当的比例混合并遇到明火时就会发生着火甚至可能发生爆炸。发生着火的三个基本要素是可燃气体、空气(氧气)和火源。这三者的关系如图 B. 1 所示。



**图 B.1 火三角图**

爆炸来自罐内可燃气体和空气的混合物遇到明火。在罐内发生的火灾有可能产生一个迅速增长的，超过储罐设计强度的高压从而使储罐破裂。

如果这三种基本条件中的任何一种不存在的话，火灾和爆炸就不会发生。这一基本原理对在罐内和罐外工作进行火灾和爆炸现象的预防极为重要，当易燃液体存在时，在液面上往往会存在可燃气体。为了确保储罐作业安全，易燃液体和气体都应从罐内清理出去。当这些液体和气体被清理出去后，罐内的气体环境应经过检测。消除可燃液体和可燃气体是预防火灾和爆炸的主要途径。

消除火源，尤其是存在挥发可燃气体的时候也是一个同样重要的途径。因为火源提前不容易认识到或者是距离太远，清除火源可能变得更加困难并且更加不确定。不像挥发蒸气和气体那样，火源无法由仪器测量出来。一些油品（比如汽油）的挥发气体密度比空气高，因此停留在下面，挥发气体能够从储罐流出，像液体一样流动。它们能够移动相当长的距离，在很远的地方遇到火源，例如汽车或卡车的发动机。它们会迅速传回那些产生挥发气的储罐或储罐内部，从而产生火灾或爆炸。为了储罐的安全作业，最理想的方式是清除三种基本条件中的两种。即可燃气体和火源。

通过注入惰性气体的方式消除氧气也是一种消除火灾或爆炸现象的方式，但是这种方式

主要用于储罐的清洗操作中，消除氧气不但很困难且费用极高，而且还会带来新的危险一极易造成作业人员的缺氧。

可燃气体和空气的混合物只在二者混合比例在一定范围内才会引发火灾或爆炸。对于不同的挥发气体，有一个最低的浓度，低于这个浓度时即便遇到火源也不会着火或爆炸。同样也有一个最高浓度，高于这个浓度也不会发生着火或爆炸事故。可燃气体和空气混合物的边界线在遇到火源时会产生火光，这样的边界线就是爆炸下限和爆炸上限。它们通常通过可燃气体和空气的体积百分比表示。

不同的燃料具有不同的爆炸范围。当储罐进入、清洗和维修操作时，一些有可能出现在储罐内部和储罐周围的可燃气体的爆炸范围见表 B. 1。

表 B. 1 燃料以及它们的爆炸范围

燃料	爆炸范围 (在空气中的体积分数)%
氢	4~75
硫化氢	4~6
甲烷	5~15
丙烷	2~9
丁烷	2~8
汽油	1~7
柴油	1~5

图 B. 2 表明汽油蒸气在空气中的爆炸范围。当罐内汽油气和空气混合物被认为处于富集范围内时，工人在罐内作业时会发生火灾和爆炸，人们错误地认为在这种条件下不会发生火灾和爆炸，这种想法的极端错误在于富集的气体最终会被空气稀释至爆炸范围。这种稀释情况可能会发生在一些开口处，例如储罐入口，人孔、通风孔等。

关于清除所有的可回收碳烃液体及其挥发气体的重要性无论如何强调都不过分。即使储罐已经做过除气处理，可燃气体混合物也有可能通过残余液体和残渣产生，储罐也有可能从罐外不小心进入可燃液体及其蒸气。

可燃气体和液体有可能通过没被封死的管路或发生泄漏的罐底板进入罐内。可燃气体亦有可能存在于一个被认定为空的或是清洗干净的罐内。最有可能产生自残渣、结垢、空的罐顶支座、未被密封的泡沫发生室、浮船、加热盘管，泄漏的罐底、内部的木质结构以及其他吸收材料等。来自太阳光、蒸汽保温加热器或者是带压工作所产生的热量有可能增加罐内可燃气体的聚集。所以即使罐内气体在最初测试时显示罐内气体浓度在允许范围之内，在作业过程中也要保持对罐内气体进行不间断地测量。

可燃气体和空气混合物有可能被一些诸如明火、内燃机，闪电、吸(香)烟、旧的或是有缺陷的延长电路的短路、火花等引爆。火花包括电灯、动力工具、夹具、开关、非防爆工具、焊接、静电等。其他种类的火源也有可能存在于曾经存储过芳香焦油、沥青或是酸性物的储罐中。酸性原油中的硫化物与储罐的钢发生反应形成很细的多硫化铁沉积物，这些沉积物暴露在空气中时具有自燃性。当这些具有自燃性的沉积物与空气接触时，会发生一个发热的化学反应。如果发生的热量不被发散出去，某点处的温度就会高到足以引爆可燃气体。在可燃气体放空操作中，所有的表面都应该保持湿润。

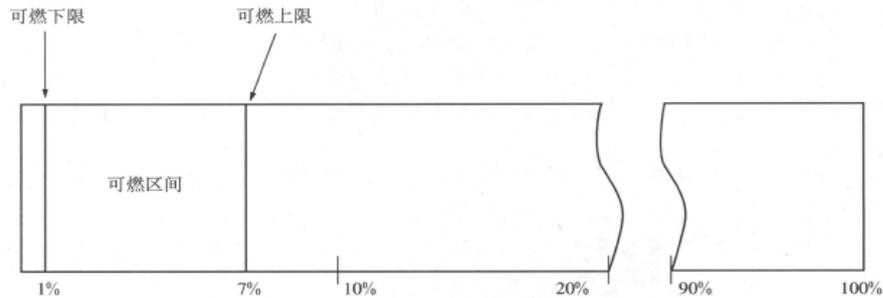


图 B.2 空气中汽油气体的可燃范围

可燃沉淀物，例如浓缩的烃或是垢，有可能在罐顶或是椽子的下面。沉积物在切割或是焊接罐顶时就会被引爆。这些沉积物应该被打湿，并且在整个气体放空操作时应保持湿润。

因为具有巨大的体积和特大的直径，特大储罐的清洗操作也许会出现特殊的问题。针对其进行的通风和淤渣清除应加以特殊考虑。罐主应该自己建立相应的预防措施、程序。

### B.3 缺氧或富氧

在一个没有被完全通风的储罐内部，缺氧也许是罐内作业人员最大的威胁。一些可燃气体密度比空气高，它们会存在于罐底部从而造成储罐内部的缺氧现象。储罐内部的气体环境有可能分成几层，储罐底部氧含量很低，中间具有部分氧气，上部处于可燃范围。人员进入缺氧的储罐中可能遇到两种危险：一种是窒息，一种是缺氧，甚至还可能存在第三种危险，即有毒物质。

在人员进罐前，储罐内部气体的氧含量应通过氧含量分析仪加以测量。如果氧含量低于 19.5%，即为缺氧，应佩戴合适的呼吸防护工具。分析氧含量与正常情况或周围情况（通常 21%）不同的原因也同样十分重要。

工作在缺氧环境下且没有佩戴合适的呼吸防护设备的作业人员经常感觉不到缺氧现象的存在。此时几乎没有任何警告，其后果是混合性的，一般是先失去推理能力，紧接着失去意识。如果身体缺氧的话，会发生死亡或是脑损伤。

由于金属的锈蚀，被封闭或是停止使用的储罐内部也有可能发生缺氧现象。缺氧现象也可能发生在储罐注入惰性气体（例如氮气）或是使用惰性气体焊接的情况下。

富氧会增大碳氢化合物气化物的爆炸范围，降低爆炸下限，当有火源存在时，造成潜在的火灾危害。储存石油或石油产品的储罐，在清洗过程中一般不会出现储罐中富氧的情况，除非出现异常或特殊的现象。一旦出现富氧的状况，应立即停止操作，调查引起富氧的原因，确定纠正措施，纠正后重新作业。

### B.4 有毒、有害物质

有毒物质根据其毒性、浓度和暴露时间，可以造成刺激、伤害、疾病、甚至死亡。根据有毒物质

的性质和特点，有可能的接触途径是呼吸吸入、皮肤或眼睛吸收、误食等。

硫化氢是一种剧毒、易燃的气体，它有可能出现在油品的生产、储存、酸性石油和石油组分的炼

制过程。含有酸性石油或石油组分的储罐应加以注意。

#### B.4.1 有毒物质的危害

一些特殊物质对身体产生的危害的资料应该从雇主或从物质提供商处获得，物质安全数据表或相关类似的信息（雇主、生产商或是供应商处会有）中提供了每种生产的或是作业人员购买的有毒物质的基本的安全和健康数据。政府安全、健康和环境部门也是这些信息资料的另一个来源。

根据物质的性质、浓度和暴露时间等，有毒物质能够造成刺激、伤害、急性或随后的疾病甚至是死亡。有毒物质有可能通过呼吸、消化、皮肤或眼睛吸收或注入等方式进入人的体内。它们能够影响接触的组织或是远离接触处的组织。

刺激指的是一种物质造成轻微或暂时的疼痛，此时并没有在任何伤痕或产生任何已知的附带伤害。许多烃类和极性溶剂具有刺激性。腐蚀是指物质伤害组织并且留下永久的伤痕。腐蚀的例子是氢氟酸、硫酸和腐蚀剂等。急性有毒物质指的是那些仅有少量或者短时间暴露就会造成从简单头疼或头晕到丧失能力或发生死亡的这些症状的物质。硫化氢是一种急性有毒物质。慢性有毒物质是那些能够造成很长潜伏期的生理伤害(例如癌症)，或者是逐渐进展的生理伤害(例如一些肺部障碍)，或者是那些能够造成有害后果的物质。

在石油工业中，在储罐进入和清洗过程中有可能遇到的有毒物质的危害见如下所列。指导监督工作的有资质人员确定在储罐进入过程中会遇到哪种有毒物质：

- 硫化氢。
- b) 含铅汽油。
- c) 灰尘。
- d) 石油物质。
- e) 焊接烟。
- f) 含铅涂料。
- g) 其他化学危险物质。

#### **B. 4. 2 硫化氢**

硫化氢是一个在含酸原油或石油酸性组分的生产、存储和处理过程中能够经常遇到的一种具有剧毒的可燃气体。它无色，在很低的浓度下发出一种难闻的、像臭鸡蛋味道的气体。因为硫化氢密度比空气大，它经常聚集在底部。含有酸性物质的储罐的气体环境应考虑其可能的毒性，为了安全进入的需要应考虑其特殊的防护措施。硫化氢正常情况下能够通过炼制过程消除，在除了一些重质油品和沥青之外的成品油中几乎都不存在。在浓度很低时，它可以通过气味来发现。然而不能依赖这种味道来作为判断危险现象的根据，因为在迅速进入高浓度硫化氢环境中的话这种气体的毒性能够立即使人失去对这种味道的感觉。同时长时间暴露在低浓度的气体中也具有类似的使灵敏度降低现象。所以不要依靠气味来判断硫化氢的存在。

气体中硫化氢的浓度能够通过许多硫化氢指示器进行测量。这些指示器的测量准确度和测量反应时间相差很大。使用者需要了解这些不同以及其他有关于这些仪器的局限性。

暴露在高浓度的硫化氢环境中能够通过麻痹呼吸系统造成死亡，并且有迹象表明如果血液中有酒精存在的话会加剧硫化氢急性中毒的反应。在很低量的情况下，硫化氢会刺激眼睛和呼吸道。这种短期硫化氢中毒如果重复次数多的话会造成眼睛、鼻子、喉咙的慢性炎症。然而这种接触现象并不会在体内集聚，症状一般在远离硫化氢时会立即消失。应明白嗅觉系统有可能被硫化氢破坏，这会导致作业人员无法意识到自己已经处在高浓度的硫化氢环境之中。

硫化氢是一种易燃气体。它的燃烧极限在 4%~46% (体积分数) 之间。所以如果存在硫化氢时应遵守相关的防火、防爆措施。

#### **B. 4. 3 灰尘**

在储罐维修过程中遇到的灰尘，也包括那些移动的铁锈、油漆和储罐绝缘层所产生的物质。如果灰尘存在的话，应佩戴恰当的呼吸防护工具和穿上合适的防护服饰。灰尘所发生危险的一些例子是硅(来自喷砂产生的)、石棉、铅、铬酸盐和锌等。

#### **B. 4. 4 石油物质**

吸入高浓度的烃类挥发气体会造成中毒的症状和迹象。这些症状包括从头昏眼花，到激动，再到无意识，这些症状类似于酒精或是麻醉气体引起的症状。如果出现这些反应，中毒者应立即被移到空气清新的地方。如果暴露程度较轻，在呼吸新鲜空气或是纯净氧气后就会立即恢复。如果呼吸停止了，应立即开始进行人工呼吸。

#### **B. 4. 5 焊接烟**

焊接烟造成的毒性根据其组成和浓度的不同而不同。烟的组分和数量根据被焊接的材料、焊条的组分、焊接处的涂层和防腐层、所使用的焊接过程和焊接环境等有关。当在涂有或包含铅、锌、镉、铍、以及其他金属的合金上焊接时就会产生毒烟。一些涂层有可能在被焊炬加热时产生毒烟。焊接烟产生的潜在危险的种类和危险程度由以上这些因素决定，其中有些危险是相当严重的。

#### **B. 4. 6 含铅涂料**

无机铅曾经是涂料和防腐剂中的一种非常平常的组分。无机铅是一种系统的、能够在人体积聚的有毒物质，它能够通过灰尘，烟和挥发气体的吸入，或是通过误食、误喝，工作时吸烟以及眼睛接触等方式吸入体内。当铅的危害被认识到时，许多对铅的使用早就停止了。然而由于含铅涂料能够防锈和防腐蚀，所以它仍然在工业应用中使用。

重大的铅暴露会在将先前涂有含铅物质的涂层从金属表面刮掉时发生，例如在修理和摧毁储罐的时候。经常会产生含铅灰尘和含铅烟雾的操作包括在储罐的拆卸和拆除过程中针对含铅涂层的表面的气割、焊接和研磨等操作，含铅涂层结构的喷砂、使用喷灯或热风机、以及在储罐维修过程中打磨具有含铅涂层的结构等。

连续暴露在含铅环境中能够导致血液、神经系统、肾脏、骨骼、心脏、生殖系统的损伤。铅可以存储在骨头中长达几十年。症状种类很多，包括没有食欲，便秘，腹痛。神经系统疾病包括头疼和过敏等。

#### **B. 4. 7 其他化学危险物**

当需要清洗或进入包含以下物质的储罐时，应获得其他相关的一些资料信息。这些物质包含一些像酸、腐蚀剂、高沸点芳香烃和一些有毒物质，也包括一些正常情况下具有放射性现象而却没有在此指出的物质。为了毒性识别和人员保护的需要，应获得针对于此种物质的MSDS信息或是其他方面的相关信息。

#### **B. 4. 8 热应力**

作业人员工作在罐内时，如果当周围的温度较高和/或作业人员穿着防护服或佩戴防护设备时，作业人员就有可能遇到很大的热应力现象。如果穿半透风或全透风的防护服的话，工作在

70℃时，作业人员就会遇到的热应力。储罐能够直接从太阳光那里吸收到足够的热，从而使储罐内温度大幅度增加。罐内的湿度可能会很高，这会进一步加剧热负荷。作业人员应该密切监视热应力的迹象，且应使用必要的防护措施。

附录 C  
(资料性附录)  
氧气和可燃气体分析仪

**C.1 氧气分析仪**

针对于此计算实例，对储罐外空气进行检测且含氧量约为 20.8%。如果储罐含有其他油气或气体的话，其他油气或气体的存在会对电气化学的氧探头产生显著影响：

$$\frac{20.8\%}{100\%} = \frac{X/100\%}{100\% - Y} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

X-----氧气检测仪器的体积百分比读数；

Y-----存在气体的体积百分比读数。

举例：

若 Y=0%，则 X=20.8%。

若 X=19.5%，则 Y=6.25%。对于多数的烃类气体，6.25%这一读数会使气体环境处于爆炸范围。

若 Y=1%，则 X=20.6%。

若 Y=10%，则 X=18.7%。

若气体爆炸下限为 1.4%，则爆炸下限的 10%等于 0.14%。

若 Y=0.14%的话，则 X= 20.77% (20.8%)。

**C.2 可燃气体检测仪**

当储罐气体的浓度/成分与用于校正检测仪器的校正气体不一样时，可燃气体检测结果也会发生变化。即使检测仪器对一些低于可燃范围的气体/空气混合物有反映，此仪器仅对它所被校正过的气体进行测量时才会提供精确的测量结果。对于其他种类的可燃气体，相对于校正的气体而言，检测仪器有可能会更加敏感或极为不敏感。当用于检测其他种类的可燃气体的时候，使用者应该查询设备生产厂商的相关文献以寻找那些应该使用的转换因素。

分析仪器有可能会不对那些浓度较低但却会对人造成潜在健康危害的碳烃气体进行测量。当有毒气体浓度高于允许暴露极限或是(有害物)容许最高浓度的时候，分析仪器指示的读数有可能为零。惰性气体或一个低氧气体环境有可能造成可燃气体分析仪产生错误的读数。在惰性气体环境或是当氧浓度与周围气体环境不一样的时候，应该使用特殊的气体检测仪器和检测程序来确保此种情况的测量结果准确。

在进行蒸汽操作的时候，不要进行可燃气体检测作业。这是因为此种情况下测量的结果会不准确。可燃气体检测作业应该在蒸汽作业结束之后且蒸汽凝结后、同时气体环境达到平衡之后方可进行。

以下因素有可能影响到可燃气体检测仪的检测精度：

a) 仪器使用错误。一个用于检测戊烷的检测仪器用来测量烃类气体时有可能显示高于实际情况 70%~80%的读数，在用于检测二甲苯的时候又会出现低于实际 50%的测量读数。

b) 温度变化。在提高温度的气体环境中进行检测会产生其他影响安全因素的测量结果。

c) 中毒。一些污染物有可能会使设备中毒，造成无读数或是读数偏低。

d) 气体浓度高于爆炸上限。当测量的气体高于爆炸上限的时候，检测仪器读数将会快速进入到可燃/爆炸范围，然后指针/读数重新归零。

e) 存在惰性气体。当使用氮气或其他种类的惰性气体驱逐可燃气体的时候，检测仪器会指示测量气体无可燃气体。在不进入空气的情况下，仪器有可能产生错误的检测结果。因此，为确保检测时存在氧气，应该首先读取氧气的读数。

f) 空气泄漏到仪器中。许多检测仪器具有通过螺纹连接器连接到检测仪器上的取样管

线。除非螺纹连接器与检测仪器连接情况良好，能够保持密封，否则空气就有可能进入取样气体中去，这样就会稀释取样气体，从而导致测量结果不准确。

g) 在富氧环境下使用。设备的电气防护认证也许在富氧条件下无效。

h) 水蒸气。加热的空气中含有大量的水蒸气，与惰性气体产生的效果一样，也会产生错误的读数。测量环境应存在足够的空气以保证获得一个安全的测量结果。

i) 高闪点物质。在常温下存在润滑油、柴油或燃料油的情况下，可燃气体检测仪无法检测到可燃气体的存在。但是如果在存在这些物质的情况下进行带压操作的话，这些物质也许会产生可燃气体。

附录 D

(资料性)

原油储罐清洗条件检查表

序号	内容	条件要求	检查结果	检查要点
1	清洗方案	清洗方案已编写完毕，并经审核后完成审批手续。		查看签字手续是否齐全、合规，清洗方案的内容是否完整，安全、质量、环境等控制措施是否可行，条件确认单、过程控制记录、验收记录、培训和交底记录、检测仪器的精度和计量管理是正确和检测记录等表格的设计是否合理，标准、法规的引用是否有效，责任分工是否明确，危险点辨识是否清晰和全面。
2	承包商和分包商资格	油罐清洗承包商和分包商具备相应清洗资格，资格证等级和有效期皆满足要求。		(1) 承包商和分包商应建立质量、安全、劳动环境管理体系，并通过相应资质的认证，资质在有效期内； (2) 承包商和分包商应取得相应资质的油罐清洗作业资质证书，且在有效期内； (3) 承包商和分包商应取得相应安全作业资质证书，且在有效期内。
3	员工资格	员工的资格证书满足清洗工作要求；包括项目经理、监护人员、检测人员、作业人员、救援人员等。		检查作业人员的资质证书： (1) 项目经理资格证书； (2) 作业人员资质证书； (3) 监护人员的安全证书； (4) 检测人员的岗位证书； (5) 救援人员的培训和考核记录。
4	危险点评估	对罐内产品、污泥、淤渣以及用于清洗罐内的危险化学品的潜在安全、火灾和健康危险进行了评估，并制定了预防措施。		根据本标准“4.4.4 原油储罐清洗作业危险及防范”的内容，对罐内产品、污泥、淤渣以及用于清洗罐内的危险化学品的潜在安全、火灾和健康危险进行了评估，制定的预防措施有效、可控、完整。
5	技术和安全培训及交底	相关作业方和作业人员的技术交底和安全培训工作已经完成，培训记录的签字手续齐全。		技术和安全交底和培训内容针对性强、计划周密、内容全面、效果良好，记录完整、签字手续齐全。
6	气体检测	建立了气体检测、分析、判定程序，确定氧、易燃气体和有毒物质（如硫化氢、苯等）安全暴露水平的限值及控制方案。		检测仪器计量管理良好，检测仪器检定和校核记录完整且在有效期内，检测仪器的种类、型号、精度满足作业检测工作的要求，检测记录表格设计合理，相关气体和有毒物质的安全暴露水平的限值及控制方案正确。
7	监管审批	报审监管机构并获得作业许可证。		根据要求执行相关报备和审批手续。
8	清洗罐周边环境	确定清洗原油储罐和周边区域特定的物理危险已确认，并采取有效措施。		清洗原油储罐的周边环境的危险点辨识工作已经完成，建立了相关管理程序和控制要求。
9	原油储罐	原油储罐的结构条件和物理完整性符合进行安全清洗作业的要求。		(1) 原油储罐的结构条件检查，如人孔门、加热系统、消防系统、污水排放系统、接地线、堵板、阀门、法兰、箱体表面等； (2) 浮顶的完整性和强度，支撑腿及其支撑架的完整性和质量，浮顶盖周边浮箱和密封的质量，浮顶防止转动和横向移动的相关器件的完整性和有效性。
10	空间分类	清洗区域按需要许可证的受限空间、不需要许可证的受限空间、非受限空间分类完毕，并制定了相应的控制条件。		清洗区域按需要许可证的受限空间、不需要许可证的受限空间、非受限空间分类完毕，并制定了相应的控制条件。
11	个人防护和呼吸保护	确定了个人防护和呼吸保护要求，并制定了相应的管控措施。		(1) 制定了个人防护和呼吸保护的措施，并制定了相关管理和控制程序； (2) 防护用品已运至作业现场并通过质量检查，记录完整、手续齐全，质量和型号满足作业工作需要。
12	职责分工	具体作业内容和职责已划分完毕，并签字批准。		参加清洗工作的相关单位分工明确、责任明确，签字手续齐全。

13	现场勘探和 首次会议	相关方清洗前现场勘察工作已完成，首次会议已完成。		现场勘探工作已经完成，首次会议已经完成，首次会议需落实的内容已经完成。
业主单位（签字）：     <p style="text-align: right;">年   月   日</p>			承包单位（签字）：     <p style="text-align: right;">年   月   日</p>	

附录 E  
(资 料 性)  
原油储罐清洗现场调查表

年 月 日

业主名称:				姓名:	职务:	电话:			
清洗油罐所在地理位置:				姓名:	职务:	电话:			
清洗油罐	罐号:	#	类型:	顶罐	运输距离:	km	清洗目的: <input type="checkbox"/> 罐内维修 <input type="checkbox"/> 更换油品 <input type="checkbox"/> 清除淤渣		
	容积:	m <sup>3</sup>	直径:	m	情洗设备放置场所:				
	高度:	m	清扫孔数量:	个	建造日期:	年 月 日	最后清洗日期:	年 月 日	
	排底水阀	数量:		个	接收容器罐号、距离、连接点:			# m DN PN	
		型号:		DN PN	供给油罐号、距离、连接点:			# m DN PN	
		距罐底高度:		mm	燃料油罐号、距离、连接点:			# m DN PN	
	罐壁人孔	数量:	个	外径:	mm	清洗水罐号、距离、连接点:			# m DN PN
		螺栓对角中心尺寸:		mm	蒸汽供应连接点距离、位置:			# m DN PN	
		螺栓规格型号:		M × L	动力用电距离、连接点:			m	
		距罐底高度:		mm	罐区公路宽度:	m	罐区公路限高:		m
	侧搅拌器	数量:	个	外径:	mm	防火堤数据:		进车通道: <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无	
		螺栓对角中心尺寸:		mm	原油储罐接地测试报告: <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无		设备吊运障碍物: <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无		
		螺栓规格型号:		M × L	公路至清洗罐之间的距离:		作业人员车辆入库手续:		
		距罐底高度:		mm	<input type="checkbox"/> 浮顶罐		<input type="checkbox"/> 拱顶罐 <input type="checkbox"/> 内浮顶罐		
	加热方式: <input type="checkbox"/> 热油喷洒 <input type="checkbox"/> 蒸汽 <input type="checkbox"/> 水				浮船: <input type="checkbox"/> 单浮舱 <input type="checkbox"/> 双浮舱		机械安全阀数量:		
	油品名称:				罐顶支柱圈数:		阀座外径:		
	管理温度:		℃	油品流动点:		℃	罐顶支柱数量:		
	罐内可降最低液位:				mm	罐顶支柱外径、内径:		螺栓规格型号:	
	浮船落底时高度:				mm	罐顶支柱高度:		液压安全阀数量:	
	防风圈护拦宽度、高度:		mm:	mm	套筒长度:		阀座外径:		
	阴极保护系统: <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无				套筒外径、内径:		螺栓对角中心尺寸:		
	清洗立管架台固定: <input type="checkbox"/> 可以 <input type="checkbox"/> 不应以				套筒支柱以上部分长度:		螺栓规格型号:		
	电子液位检测: <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无				支撑管从套筒拔出: <input type="checkbox"/> 能 <input type="checkbox"/> 不能		其他事项:		
	电子温度检测: <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无				中央排水管数量、直径:				
淤渣排放场所:				罐顶人孔数量、外径: 个 mm					
清洗污水排放场所:				螺栓对角中心尺寸:					

附录 F  
 (资 料 性)  
 原油储罐清洗效果检查表

	客户	经理	
1.	_____	_____	人孔盖是干净的，没有任何碳氢化合物
2.	_____	_____	罐内是干净的，没有任何碳氢化合物
	_____	_____	A. 腿(内部/外部)
	_____	_____	B. 壳体(密封区域至浮顶)
	_____	_____	C. 安全区域
	_____	_____	D. 罐底
	_____	_____	E. 吸/排水管道/屋顶排水(软管)
	_____	_____	F. 采样系统
	_____	_____	G. 加热管表面
3.	_____	_____	浮筒是干净的，没有任何绝缘和碳氢化合物
4.	_____	_____	屋顶表面干净，没有任何碳氢化合物

年    月    日

---