

ICS 23.040.10
G93

团 体 标 准

T/CPI XXXX—202X

石油化工钢制立式圆筒形内浮顶储罐 运行、维护及检修指南

Guide for operation, maintenance and repair of steel vertical cylindrical
inner floating roof tanks for petrochemical industry

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国石油和石油化工设备工业协会

目 录

前言	1
1 范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义和缩略语.....	1
4 基本要求.....	3
5 管理内容.....	3
5.1 运行管理.....	3
5.2 维护管理.....	5
5.3 检修管理.....	9
附录 A 储罐清扫、开罐检修、定期检验周期（参考）	18
附录 B 内浮顶浮舱、浮筒、浮箱积油清理及进油囊式密封的拆除	19
附录 C 内浮顶的拆除	20
附录 D 内浮顶罐检修风险辨识及控制措施	22

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》给出的规则起草。

采纳本文件的企业（或相关方）首先应遵守法律法规，遵守本文件不能使其免于相应法律责任和义务。

本文件的某些内容可能涉及专利，发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国石油和石油化工设备工业协会炼油与化工设备管理标准化技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

石油化工钢制立式圆筒形内浮顶储罐运行、维护及检修指南

1 范围

本文件规定了石油化工钢制立式圆筒形内浮顶储罐的运行、维护及检修管理的基本安全管理要求。

本文件适用于采用内浮顶形式的储罐包括生产装置和储备油库的石脑油储罐、汽油储罐（含汽油组分及成品储罐）、柴油储罐（含柴油组分及成品储罐）、航煤储罐、溶剂油储罐、苯类及甲醇等甲B乙A类液体储罐。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 50128 《立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范》
- GB 50126 《工业设备及管道绝热工程施工规范》
- GB 50727 《工业设备及管道防腐蚀工程施工质量验收规范》
- GB 50185 《工业设备及管道绝热工程施工质量验收规范》
- GB 31570 《石油炼制工业污染物排放标准》
- GB/T 50393 《钢制石油储罐防腐蚀工程技术标准》
- GB 50341 《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》
- GB/T 37327 《常压储罐完整性管理》
- GB/T 30578 《常压储罐基于风险的检验及评价》
- GB 30871 《危险化学品企业特殊作业安全规范》
- GB 31570 《石油炼制工业污染物排放标准》
- GB 31571 《石油化学工业污染物排放标准》
- SH/T 3530 《石油化工立式圆筒形钢制储罐施工技术规程》
- SH/T 3097 《石油油化工静电接地设计规范》
- SH/T 3194 《石油化工储罐用装配式内浮顶工程技术规范》
- SY/T 5921 《立式圆筒形钢制焊接油罐操作维护修理规范》
- SY/T 0511.1 《石油储罐附件 第1部分：呼吸阀》
- HJ 733 《泄漏和敞开液面排放的挥发性有机物检测技术导则》
- AQ 3058 《内浮顶储罐检修安全规范》
- GB 30871 《化学品生产单位特殊作业安全规范》

3 术语、定义和缩略语

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1 钢制立式圆筒形内浮顶储罐

罐内装有浮盘且有固定顶的钢制立式圆筒形储罐，以下简称内浮顶储罐。

3.1.2 浮筒式内浮顶

内浮顶由浮筒和处于浮筒上方的金属密封盘板组成，浮筒提供浮力，金属密封盘板与液体不接触，包括铝制浮筒式内浮顶和不锈钢制浮筒式内浮顶。

3.1.3 钢制焊接单、双盘式内浮顶

单盘式内浮顶周围设有环形密封浮舱，中间为单层密封盘板；双盘式内浮顶均由隔舱构成，至少最外圈浮舱为密封浮舱，单、双盘式内浮顶一般采用钢制焊接结构，为全液面接触式设计结构。

3.1.4 装配式全液面接触式内浮顶

指内浮顶本体漂浮在液面上有一定的浸液深度且浮力单元之间及其与各部件的连接部位有可靠的密封措施，形成底部全域浸入液体的内浮顶。

3.1.5 浮箱式内浮顶

内浮顶由既提供浮力又连续覆盖液面的箱式浮力元件和主副梁、边缘构件、支柱和密封等组成，浮力元件内部根据强度和稳定要求也可设筋板等加强件，浮箱本体不得采用胶粘成型。

内浮顶主体材质为铝合金或奥氏体不锈钢，包括整体挤压成型和板材采用自动焊焊接成型的内浮顶。

3.1.6 整体加强模块式不锈钢双盘内浮顶

内浮顶由连续覆盖储液表面且内部有蜂巢加强芯的浮力元件和承力结构一体化模块、边缘构件、支柱、密封等组成，浮力元件和承力结构一体化模块内部布满仅起加强作用的蜂巢芯等加强件，外部由不锈钢薄钢板采用自动焊形成的箱体。特点为无梁结构，箱体错位排列。

3.1.7 金属蜂巢式内浮顶

内浮顶由主副梁和有若干浮力单元的浮箱、边缘构件、连接件、支柱、密封等组成。浮力元件由铝制蜂巢芯通过钎料与上下铝合金面板钎焊而形成浮力单体，上下层壳体、边板和蜂巢芯构成大量密集连续且相互密闭的蜂巢小浮力单元构成浮箱，每个小蜂巢浮力单元都具有气密性和液密性。浮箱可单独使用或嵌入不锈钢箱体内使用。铝合金浮箱的四条立缝及与盖板的焊缝应采用自动焊，不锈钢箱体由奥氏体薄钢板采用自动焊焊接成矩形箱体。

3.1.8 玻璃钢内浮顶

内浮顶由玻璃钢本体、支柱、附件、密封等组成。玻璃钢本体由上下玻璃纤维加强树脂表

面层和蜂巢芯组成，且符合蜂巢式内浮顶的特征，主要由乙烯基酯树脂、环氧树脂、玻璃纤维增强材料、不饱和聚酯树脂、蜂巢芯等多层非金属材料在罐内黏结而成。

3.1.9 带芯人孔

带芯人孔设置在高于内浮顶最大支撑高度处，便于人员进出浮盘检查。人孔盖内加设一层与罐壁弧度相等的芯板，并与罐壁齐平，不影响浮盘、密封升降。

3.1.10 轻质油

终馏点不大于220℃的轻质油品。

3.1.11 储罐清扫

对储罐进行清洗（包含机械清洗）、清扫，最终达到储罐检修、改造所需进罐检查、作业、动火的要求，并验收合格。

3.1.12 开罐检修

在储罐清扫并验收合格后对内浮顶储罐本体（罐底、罐壁、罐顶）、内浮顶、附属设施进行的检查、检验及修理等工作。

3.1.13 定期检验

按照相关标准要求，定期由检验机构对在役常压储罐的服役适用性状况所进行的符合性验证活动，定期检验是按一定的检验周期对储罐进行的较全面的检测，定期检验可根据实际情况采用在线检验方法或开罐检验方法。总体而言，定期检验包括开罐检验和RBI两种方式，储罐原则上需明确开罐检验周期（时间），当条件不具备时可通过RBI评估来延长或确定开罐检验的时间。

4 基本要求

- 4.1 内浮顶储罐的运行、维护及检修应符合国家、行业有关技术标准、规范和设计文件要求。
- 4.2 工况超出设计范围的，须办理变更手续，涉及的相关操作规程须同时进行修订。
- 4.3 停用超过一年的储罐，应在重新使用前进行风险评估，根据评估结果确定是否需要开罐检验。
- 4.4 储罐挥发性有机物排放应符合国家标准、政府性文件要求。

5 管理内容

5.1 运行管理

- 5.1.1 内浮顶储罐使用时，应制定操作技术规程和巡回检查制度，并严格执行。
- 5.1.1.1 严格执行操作技术规程，做到操作前认真准备、运行中及时调整、停运后妥善处理。
- 5.1.1.2 严格执行巡回检查制度，定时按巡回检查路线和标准对储罐进行检查，防止跑油、混油、冒顶和突沸等事故发生，认真填写运行、交接班、蒸罐、扫线作业的巡检等相关记录。
- 5.1.2 严禁内浮顶储罐超温、超压、超储运行。
- 5.1.2.1 应加强工艺介质出装置温度监控，进入常压轻质油品储罐的工艺介质，应合理控制其储存温度，轻质油出装置温度不应大于40℃，柴油应低于闪点5℃。
- 5.1.2.2 应控制好储罐介质蒸汽压不大于88kPa和硫含量，多组分物料进罐时，应根据各组分蒸汽压情况，合理安排好进罐工艺介质的数量和方式。
- 5.1.2.3 应重视轻质油生产装置平稳运行，避免由于操作波动等原因造成大量轻组分或硫化氢进入储罐；装置紧急状况或开停工过程收付油应严格遵守操作规程，蒸气压大于88kPa的油品不应进入储罐，不稳定组分应进行吸收、稳定或冷却处理后进入储罐，避免对储罐浮盘产生冲击。
- 5.1.2.4 内浮顶储罐正常操作时，最低液位应高于浮顶的支撑高度且高于自动通气阀闭合高度，最高液位应低于储罐的设计储存高液位。
- 5.1.3 内浮顶起浮前收油管道流速不应大于1m/s，起浮后收付油管道流速不应大于4.5m/s。
- 5.1.4 搅拌器或调合器不宜在收、付油操作同时进行。
- 5.1.5 在雷雨、酷暑等极端天气时宜避免油罐的收、付油操作和蒸罐作业，对于生产工艺要求不能中断的操作，宜降低介质进出罐流速并加强监护。
- 5.1.6 罐区人工脱水时，须安排专人在现场监护。
- 5.1.7 轻质油的检尺、测温、采样应遵照SH/T 3097-2017第5.2.2和5.2.5条执行。
- 5.1.8 应建立可燃气体浓度检测制度。
- 5.1.8.1 应细化制定检测作业制度，配备必要的防护器具，确保作业人员安全。
- 5.1.8.2 加工高硫原油生产装置的中间轻质油储罐操作岗位应配备相适应的可燃、有毒气体检测仪。
- 5.1.8.3 未设置的氮封设施的轻质油内浮顶储罐每月检测不少于1次，设置氮封措施的储罐可适当延长，但至少每季度检查1次。重点检测内浮顶拱顶和浮顶之间气相空间等部位，检测点应具有代表性，检测时内浮顶罐应处于停止收付油状态。
- 5.1.8.4 内浮顶储罐内浮顶上部气相空间可燃气体浓度超标(大于爆炸下限的50%)的储罐，经检查确因设备原因的应及时安排停运检修，由操作运行原因引起的应及时安排调整操作。
- 5.1.9 储存介质含水分的储罐，应建立罐底水质分析制度，水质分析应包括：pH值、硫含量、氯离子浓度、铁离子浓度等数据，为掌握储罐腐蚀状况提供依据。
- 5.1.10 储存介质或运行工况发生变化时，应检查储罐是否满足工况变化要求，企业应组织相关专业进行适用性评价，完善相关设备设施，确定工艺指标，及时办理变更手续并修订相关操作规程，开展技术培训，保证储罐运行安全。
- 5.1.11 罐区须醒目设置储存介质安全防护要求，相关进入人员应遵照要求执行。

5.2 维护管理

- 5.2.1 应严格执行储罐定期维护保养制度，加强日常检查，发现问题及时处理，提高内浮顶储罐的完好水平。封存、闲置的内浮顶储罐应按规定采取保护措施，定期进行检查。
- 5.2.2 内浮顶储罐发生以下现象时，操作人员应按照操作规程采取紧急措施，并及时报告。
- 5.2.2.1 储罐浮盘倾斜、沉没；
- 5.2.2.2 储罐基础泄漏或基础下部发现渗油、渗水；
- 5.2.2.3 储罐控制阀失灵；
- 5.2.2.4 储罐存储介质超工艺指标、发生冒罐等；
- 5.2.2.5 储罐罐底翘起或设置锚栓的储罐基础环墙（或锚栓）被拔起；
- 5.2.2.6 储罐液位报警、火灾系统报警或紧急切断阀动作；

- 5.2.2.7 接管焊缝出现裂纹或阀门、紧固件、柔性连接损坏；
- 5.2.2.8 罐体发生裂纹、鼓包、凹陷等异常现象；
- 5.2.2.9 发生火灾直接威胁储罐安全生产。
- 5.2.3 新投用储罐或者检修后首次进液储罐，在收付物料过程中应加强检查，储罐本体应保持完好，各静密封点不应有泄漏，浮盘边缘密封不应有破损。
- 5.2.4 储罐实行定点测厚制度，一般每年应对储罐顶、壁做一次测厚检查并将数据归档管理。罐壁最下圈壁板的每块板沿竖向至少测2个点，其他圈板可沿盘梯每圈板测1个点，无氮封的内浮顶储罐，可按罐顶方位东西南北中各测1点。测厚点应相对固定，设置标志，并按编号做好测厚记录。有绝热层的储罐，其测厚点处绝热层可做成活动块便于拆装。对于腐蚀轻微的储罐，企业可酌情安排。各类储罐测厚要求，应相对固定，并于制度中明确。
- 5.2.5 内浮顶储罐附件应建立定期检查维护制度；储罐附件的日常检查，应按维护制度要求定期进行并做好记录。附件检查维护主要内容可参照表1，常见故障与处理可参照表2。

表1 内浮顶储罐附件检查维护的主要内容

附件名称	检查内容	维护保养	检查周期
罐壁（罐顶）通气孔	金属网有无破裂	清除灰尘、油垢或更换金属网	1年
导向管滚轮	滚轮有无脱落，转动是否灵活，与管子外壁接触是否良好	转动部分加润滑油，调整滚轮位置	清罐检修时进行
加热器	加热管腐蚀情况，有无渗漏，支架有无损坏，管线接头有无断裂	进行试压、补漏	
调合器	腐蚀程度，喷嘴有无堵塞	清理喷嘴	
进、出口阀门	阀门及垫片的完好程度	阀杆加润滑油，清除油垢，关闭不严应进行研磨或更换	
人孔（含带芯人孔）、透光孔	是否渗油或漏气	更换垫片	
量油孔	孔盖与支座间密封垫是否脱落或老化，导尺槽磨损情况，压紧螺栓活动情况，盖子支架有无断裂	铸铁量油孔应改为铸铝，蝶形螺母及压紧螺栓各活动部位加润滑油，部件损坏及时更换	1个月
导向钢丝绳	有无腐蚀，松紧程度是否合适，是否有断股	拉紧或更换	清罐检修时进行
密封装置	密封带有无破损	进行修补	
浮盘自动通气阀	密封垫片有无损坏	更换垫片	
排污阀（虹吸阀）	填料函有无渗漏，手轮转动是否灵活，阀体是否内漏	调整填料函或换阀、加双阀	1个月
脱水器（自动脱水	连接法兰有无泄漏、过	紧固法兰或更换垫片、清理过滤器、	

器)	滤器是否堵塞、排水是否正常	清理维修脱水器	
泡沫发生器	管内有无油气排出, 刻痕玻璃是否损坏, 网罩和护板是否完好	更换已损坏的刻痕玻璃和网罩, 压紧螺栓加油防锈	3个月
机械式呼吸阀	阀盘和阀座接触面是否良好, 阀杆上下是否灵活, 阀壳网罩是否破裂, 压盖衬垫是否严密, 冬季阀体保温套是否良好、伴热是否运行正常, 阀内有无冰冻。呼吸阀挡板是否完好	清除阀盘上的水珠、灰尘、锈渣, 螺栓上加油, 必要时调换阀壳衬垫。若呼吸阀挡板腐蚀严重, 应予更换	每3个月检查维护一次, 冰冻季节应加强检查新安装呼吸阀、紧急泄放人孔, 在安装就位前对其进行解体检查, 确认完好后方可投入运行, 宜定期进行标定
阻火器	波纹板阻火盘是否清洁, 垫片是否严密, 有无腐蚀、冰冻、堵塞	清洁或更换波纹板阻火盘	
紧急泄放人孔	运行轨道是否清洁光滑, 密封是否严密, 静电导线是否完好	清洁运行轨道, 必要时涂抹润滑介质。更换破损的静电导线	
管道阻火器	波纹板阻火盘是否清洁, 垫片是否严密, 有无腐蚀、冰冻、堵塞。对于罐顶气相连通阻火器, 是否符合阻爆轰要求	清洁或更换波纹板阻火盘	半年
紧急切断阀	阀门、执行机构、垫片及紧固件的完好程度, 最大行程时间是否符合要求	维护或更换配件	每3个月检查一次, 并测试最大行程时间, 最大行程时间应满足设计要求
消防泡沫管	是否完好, 管口扣盖是否完好、有无油气等介质排出	更换管口扣盖、检查更换泡沫产生器刻痕玻璃	每3个月检查一次, 每年对罐体泡沫立管进行排渣
水喷淋设施	喷头是否堵塞、控制水阀是否灵活好用	喷头清理或更换、控制水阀维修	每3个月检查一次, 每年清理一次喷淋管过滤器

进出口管线、金属软管	管线、金属软管是否完好	管线维修、更换金属软管	1个月
管顶气相联通管	管线是否积液	进行排液	1年
罐区排水系统	是否畅通、完善	清理杂物、疏通排水管	1个月
液面计及高低液位报警器	是否准确、好用	进行维修或更换	1个月
等电位连接及防雷防静电接地设施	是否齐全、完好、牢固，是否有锈蚀、破损等	更换静电导线、螺栓，对锈蚀部位除锈刷漆	每1个月检查一次，每半年1次防雷接地电阻检测
防腐情况	防腐涂层有无脱落、起皮等缺陷，表面有无龟裂、剥落、粉化、锈蚀等现象，罐壁和罐顶上的定点测厚点标志是否清晰	铜制工具除锈防腐、重新刷涂测厚标志	1个月
罐区环境卫生	罐区是否有油污、施工废料、杂草、杂物、垃圾等	进行清理	1个月
其他配套设施	盘梯、平台、通气管、采样器、氮封系统、仪表系统等是否完好	维护或维修、更换	1个月

表2 内浮顶储罐常见功能故障与处理方法

序号	功能	功能故障	故障模式	故障后果	故障应对策略与检修内容	检修周期/月
1	储罐压力正常	机械式阻火呼吸阀堵塞	阻火器波纹板结冰或有介质堵塞	呼吸阀不能够正常呼吸，可能引起储罐抽瘪或升举破坏	清理污物，必要时更换阻火片；加保温设施	参照表1
			网盘和阀座黏结		清理阀盘和阀座污物	
			阀杆上下运行卡阻	呼吸阀失效，储罐内气相和大气相通，可能	维修或更换阀盘、阀杆	

				引起闪爆或 介质性质劣 化等		
2	阀门和开口、接管 运行好，保证收储 正常	阀门、人 孔、排污孔 静密封点失 效	法兰面受损	连接法兰漏	修补法兰面	适时
			垫片老化或 螺栓紧固异 常		更换垫片或 紧固螺栓	适时
			盘根老化或 压盖紧固异 常	阀门盘根密 封处泄漏	紧固压盖或 更换盘根	适时
3	内浮顶运行正常， 油气不外泄	内浮顶卡阻 或倾斜	罐壁变形， 凹凸差或椭 圆差超量	内浮盘卡 盘、沉盘， 罐内油气超 标，油气外 泄	大修	清罐时
			导向管或量 油管倾斜或 弯曲		维修或更换	清罐时
			浮盘漏油		清罐	清罐时
			罐壁结凝油 过厚		加设罐壁防 凝油装置	清罐时
		内浮顶密封 装置部件损 坏	设计安装不 合理；密封 内弹性材料 失效	密封内油气 含量超标	整体维修或 更换	清罐时
			障碍物阻塞	密封局部变 形、损坏	清除障碍物	清罐时
密封内支承 板缺失	囊式一次密 封上翻、失 效		补充支承板	清罐时		
4	罐体运行正常	罐壁腐蚀	腐蚀穿孔、 材质或焊接 缺陷	罐壁渗油	清罐进行检 修或在线采 用黏补、铆 入软金属等	适时或清罐 时
		罐壁变形	应力集中、 浮盘卡阻	浮盘破裂泄 漏等	清罐检修	适时或清罐 时
5	罐底运行正常	罐底泄漏	腐蚀穿孔、 材质或焊接 缺陷	介质自罐底 漏出	清罐进行检 修	清罐时

- 5.2.6 储罐附件开口（孔），除采样、计量、例行检查、维护和其他正常活动外，均应密闭。浮盘上的开口、缝隙密封设施以及浮盘与罐壁之间的密封设施在工作状态应密闭。若浮盘密封不能满足要求的，应及时清罐检修或停用。如延迟修复或排空储罐，应根据要求办理相关手续。
- 5.2.7 未实施密闭收集的储罐，应定期采用与“设备与管线组件泄漏检测”相同性能的便携式探测仪器或符合技术规范要求的其他检测仪器，检测内浮顶罐泄漏情况。
- 5.2.7.1 仪器的量程、流量及探头型式应符合HJ 733中相应规定，仪器在（1~10000） $\mu\text{mol/mol}$ 范围内的误差不超过 $\pm 25\%$ ，仪器响应时间不超过10s，具有自动读取最大值功能且具有超限报警提示。检测仪器应通过防爆认证，防爆等级符合适用场所要求。
- 5.2.7.2 储罐呼吸阀应定期进行检查和维护。操作压力低于呼吸阀设定的开启压力75%时，呼吸阀的泄漏检测值应低于2000 ppmv（以甲烷计）。
- 5.2.7.3 对未实施密闭收集的内浮顶储罐，收油结束24小时后静止状态进行油气浓度检测，其两时段（上午和下午）VOCs检测平均值均不应超过2000ppmv（以甲烷计），检测点宜选取中央通气孔或呼吸阀排放口处。地方标准严于第5.2.8.1和5.2.8.2要求的，按照地方标准执行。
- 5.2.8 应加强对储罐防雷防静电设施的管理，防雷防静电设施必须完好且符合有关规范标准的要求。日常做好防雷防静电连接导线的检查确保连接良好，每半年1次对接地电阻进行检测，在雷雨季节前应对储罐的防雷防静电设施进行全面检查。
- 5.2.9 呼吸阀、紧急泄放阀应每年至少进行1次检验，发生故障、全面清罐时须进行检验，离线检验方法可参考SY/T 0511.1，性能宜符合ISO 28300/API 2000要求。受条件所限无法开展检验的，使用单位应开展安全风险评估，根据评估结果制定安全措施，调整检验周期；
- 5.2.10 氮封设施压力控制系统、氧含量分析仪器应定期进行校验（可在线或离线），加强维护确保完好。
- 5.2.11 在有条件的情况下，储罐的高液位报警、高高液位报警每年应校验一次，并出具书面报告。
- 5.2.12 对于频繁收付的储罐，每月宜对液位计进行手工检尺比对，并及时对液位计进行校准。
- 5.2.13 对于采取阴极保护的储罐，罐外牺牲阳极每年应进行一次综合测试，每月测量保护电位；对于外加电流保护阴极保护系统，每月应测试一次保护电位；如发现保护参数异常或故障，应立即进行检测，并重新调整参数；所有测试结果应详细记录，包括当天的气象参数、储罐液位等；详细测试方法参照GB/T 50393。
- 5.2.14 新建储罐投产后3年内（含3年），每年应对基础沉降进行一次检测，将检测数据与交工时检测数据比对，确定沉降量，如沉降量超标，应采取补救措施，必要时清罐检修处理；储罐投用3年之后，结合储罐大修进行检测。发生5.0级以上地震后，应对储罐进行基础沉降检测，并检查相连管线、管件完好情况，发现问题，及时处理。
- 5.2.15 工业电视监控系统应定期检测维护，保证图像清晰、状态完好。

5.3 检修管理

5.3.1 检修周期

储罐的开罐检修周期宜结合定期开罐检验周期和储罐运行中存在的问题来确定。储罐清扫周期、检修周期、定期检验周期参照附录A执行。新建储罐第一次开罐检修周期一般不超过12年，其中，一般常压储罐不宜超过10年，对于腐蚀较重的常压储罐，应根据实际情况合理缩短开罐周期。根据RBI等可靠有效检验和评价结果，调整检维修策略。

5.3.2 定期开罐检验周期及间隔时间

5.3.2.1 首次检验周期要求

5.3.2.1.1 储罐初始开罐定期检验周期时间宜小于等于10年，定期检验工作宜结合检修同步

进行。

5.3.2.1.2 当储罐具备下表中所列的一项或多项渗漏预防、检测、腐蚀缓解或围堵防护设施，或进行了基于风险的检验评估（RBI），初始开罐检验时间可适当延长，但不应超过表3中的最长周期。对于储存航煤等腐蚀性不强介质的储罐，即便采用高质量长寿命的内防腐涂料、阴极保护等防腐措施，首次开罐检验的周期时间不宜大于12年。

表 3 储罐首次开罐检验最长周期

序号	储罐防护设施	首次检验最长周期
1	按照API RP 652 要求进行了储罐内防腐（安装了内部薄膜涂层）。	12 年
2	按照 API RP 652 要求在罐底产品侧（上表面）安装了玻璃纤维增强内衬。	15 年
3	满足本表第 1 条，且按照 API RP 651 的要求在罐底土壤侧（下表面）安装了阴极保护，并进行了维护和检查。	15 年
4	满足本表第 1 条，且根据 API Std 650 的附录 I（罐底泄漏检验和地基保护）的要求安装了防漏装置。	20 年
5	罐底板腐蚀裕量>3.81mm。	（实际腐蚀裕量-3.81mm）/ 腐蚀速率注1
6	罐底板采用符合 API STD 650 的附录 SC 及附录 S 或附录 X 的不锈钢材质；内部和外部环境均经过合格的腐蚀专家测定，结果表明出现裂缝或腐蚀失效的风险很小。	20 年
7	通过 RBI 评估方法。	20 年注 2
注 1：腐蚀速率为 0.381mm /年或根据 API Std 653 的附录 H（类似服役情况评估）确定。 注 2：RBI 评估方法不适用于以下产品的储罐： （1）粘度较高，110oF 以下就会凝固的物质（例如：沥青、屋面防水沥青、渣油、减压渣油和常压重油）； （2）具备以下特征的任何物质或混合物：未被管辖地适用法律认定或规定为危险化学品或危险物。		

5.3.2.2 定期开罐检验与随后检验之间的间隔时间（以下统称“间隔”）应根据腐蚀速率或RBI评估程序确定，且不能超过表4中的最大间隔。

表 4 储罐随后检验最大间隔时间

序号	使用的程序	最大间隔
1	腐蚀速率程序1：储罐没有安装防漏装置，按照API Std 653中 4.4.5、4.4.6采用实测储罐罐底腐蚀速率和最小剩余厚度确定。	20年注1
2	腐蚀速率程序2：储罐安装了防漏装置，按照API STANDARD 653 中4.4.5、4.4.6采用实测储罐罐底腐蚀速率和最小剩余厚度确定。	30年注1
3	RBI评估程序：依据API RP 580和API Std 653，采用基于风险的检验（RBI）程序来确定。	30年

注1: 在变更工况的情况下, 在确定“间隔”时, 可决定使用通过类似服役情况评估(按照API Std 653的附录H实施)获得的内部腐蚀速率。

5.3.2.3 开罐检验周期及间隔时间说明

5.3.2.3.1 开罐检验时间, 应该依据上次开罐检验报告或者基于风险的检验评估(RBI)报告来确定, 常压储罐的RBI工作按照GB/T 30578及API RP 580、API RP 581等标准规范进行。

5.3.2.3.2 宜以常压储罐的预测剩余寿命为依据, 定期开罐检验周期及间隔最长不超过储罐预测剩余寿命的一半, 并且最长不得超过第5.3.2.1、5.3.2.2条中要求的周期及间隔。

5.3.2.3.3 对于腐蚀较重的储罐, 应根据实际情况合理缩短开罐定期检验的周期及间隔。根据实测的腐蚀速率, 或者(基于类似运行中储罐的运行经验)类似服役情况的运行经验、预期的腐蚀速率来确定开罐定期检验的周期及间隔。当腐蚀率为未知, 并且没有类似运行经验时, 开罐定期检验的周期及间隔最长不超过3年。

5.3.2.4 定期检验工作完成后, 检查单位应出具检验报告, 检验报告须明确下次开罐检验时间。

5.3.3 检修内容

5.3.3.1 内浮顶储罐的检修内容应根据清罐全面检查后的结果来确定, 包括但不限于以下内容:

- a) 储罐本体的变形、泄漏以及板材严重减薄等。
- b) 储罐各接管的裂纹、气孔、泄漏等缺陷。
- c) 与储罐相连接的阀门等存在的缺陷。
- d) 内浮顶储罐的浮盘、浮盘周边密封及升降导向系统存在的缺陷。
- e) 储罐受损的防腐设施。
- f) 储罐阻火器、呼吸阀、检尺口、盘梯等附件存在的缺陷。
- g) 储罐的搅拌器、自动采样器等内部附属设施存在的缺陷。
- h) 储罐的电仪设施存在的缺陷。
- i) 储罐的安全、环保、消防设施存在的缺陷。
- j) 储罐基础缺陷。
- k) 储罐绝热层(保温层)存在的缺陷。

5.3.4 全面检查

应包括宏观检查、罐体腐蚀监测、厚度测定、安全附件检查和储罐安全管理检查。全面检查至少应包括以下几个方面:

5.3.4.1 储罐本体检查:

a) 依据径向偏差、垂直度、椭圆度、倾斜度等参数, 评估储罐罐体变形情况: 径向偏差: 新建储罐的径向偏差参照《立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范》(GB 50128), 在役储罐的径向偏差参照《立式圆筒形钢制焊接油罐操作维护修理规程》(SY/T5921); 垂直度: 新建储罐垂直度参照《立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范》(GB 50128), 底圈壁板或倒装法施工顶圈壁板的垂直度不应大于3mm, 其他各圈壁板的垂直度不应大于该圈壁板高度的0.3%; 在役储罐垂直度参照《立式圆筒形钢制焊接油罐操作维护修理规程》(SY/T5921), 罐壁垂直度允许偏差, 不应大于罐壁高度的0.4%, 且不应大于50mm; 底层壁板的铅锤允许偏差不应大于3mm; 椭圆度: 参照《立式金属罐容量检定规程》(JJG 168), 罐体椭圆度不得超过1%; 倾斜度: 参照《立式金属罐容量检定规程》(JJG 168), 罐体倾斜度不得超过1°。

b) 使用超声波测厚仪检查罐壁和罐顶, 若不能满足GB 50341《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》设计的名义厚度要求, 应进行更换或加固, 经企业专业技术负责人确认, 在保证安全前提下, 也可采取降效使用。

c) 用5~10倍放大镜目检罐体焊缝。重点检查罐壁和罐底间的角焊缝和下部两圈壁板的纵、横焊缝以及进出口接管与罐体的连接焊缝有无渗透或裂纹。对于罐体腐蚀较重或目检存在疑似缺陷的储罐，应对罐体下部第一、第二圈板的焊缝进行无损检测，检测方法参照GB 50128-2014《立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范》第7.2节要求，检测比例宜大于等于25%。

d) 对罐底板和浮顶底板、顶板及单盘板进行目检，必要时可采用真空试漏、充水试漏等方法检漏，也可采用涡流或漏磁等方法进行检测。采用真空箱法试漏时，其真空度不得低于53kPa，浮舱采用充气试漏时，应逐舱鼓入压力不小于785kPa的压缩空气。

e) 检查储罐基础有无下沉，罐体有无倾斜，环墙、环梁面层是否粉化，散水坡有无破损，边缘板防腐是否完好。

f) 检查罐底锥面坡度应平缓、与基础表层接触良好，无严重变形、鼓包、凹坑和空洞，径向沉降应满足表5要求。锥面坡度不应小于8%。

g) 宜对储罐基础进行沉降观测，径向沉降差应满足表5。

表5 储罐基础及罐底径向沉降差许可值

罐内径D/m	任意直径方向沉降差许可值
$D \leq 22$	0.007D
$22 < D \leq 30$	0.006D
$30 < D \leq 40$	0.005D
$40 < D \leq 60$	0.004D
$60 < D \leq 80$	0.035D
$D > 80$	0.003D

5.3.4.2 储罐内浮顶、密封及升降导向等系统检查

a) 检查内浮顶罐密封、导向、防雷和防静电导线、浮顶自动通气阀等系统是否完好，浮舱、浮筒有无泄漏。检查内浮顶及泡沫堰板的腐蚀程度，是否有明显影响外观的局部凹凸变形；浮舱内隔板、肋板和桁板是否完好，内表面是否清洁、有无腐蚀。查找泄漏浮舱的泄漏部位，进行检修消漏。查找泄漏部位时，可采用真空试漏、充气试漏、着色试漏、煤油试漏等方法。采用真空箱法试漏时，其真空度不得低于53kPa。浮舱采用充气试漏时，应逐舱鼓入压力不小于785kPa的压缩空气。

b) 对于机械式一次密封，检查密封板、密封膜、弹性构件是否完好，不得出现破损。检查二次密封橡胶刮板、承压板、防蒸发隔膜、导静电片是否完好；密封应紧贴罐壁，压接整齐平滑。对于舌形二次密封，检查密封件是否紧贴罐壁、弹性良好，紧固是否整齐、有效。

c) 对于囊式一次密封，检查密封带是否完好无破损、无渗漏，压条完整、紧固到位，填料是否饱满、贴紧罐壁无缝隙，支承板是否正常有效。如发现密封向上翻出，应拆开一次密封，补充支承板。如发现渗油或密封塌瘪，应局部拆开密封带，检查内部进油及弹性填料完好状况，必要时予以检修更换。

d) 对于管式一次密封，检查吊带是否无破损、无渗漏，压条完整、紧固到位，内部充液饱满、贴紧罐壁无缝隙；上部平整，下部规则无扭曲。若发现渗油或密封塌瘪，应局部拆开吊带，检查内部密封管完好状况，必要时充装密封液或对一次密封系统进行整体更换。

e) 量油管、导向管安装有密封囊套时，应检查其密封性能，保证骨架、密封膜完好。检查时若发现导向管、量油管外壁侧面有明显硬划伤或导轮、盖板、密封板及压板损坏严重时，应检查导向管、量油管的直线度和垂直度，其全长直线度允许偏差为5mm，垂直度不大于10mm。当导向管、量油管更新时，应选用不锈钢材质。

f) 直馏石脑油和经碱洗的催化汽油中含有氯离子和碱液，应重点检查该类介质对铝浮顶、不锈钢浮顶的腐蚀情况，根据检查情况确定是否更换或者材质升级。

g) 对于不符合GB 50160《石油化工企业设计防火标准》、SH/T 3194《石油化工储罐用装配式内浮顶工程技术规范》等相关要求的内浮顶，应予以更换。

5.3.4.3 储罐防腐检查

- a) 对罐内壁、底板及内防腐涂层进行全面评估，并彻底清除罐内杂物。
- b) 检查罐体外部和浮顶罐裸露部分防腐层有无脱落、起皮、粉化等缺陷，根据检查结果决定是否需要对原涂层进行修补或重新防腐。储罐防腐涂层的局部维修，应采用与原涂料相同或者匹配的涂料。
- c) 涂料宜选用无溶剂、水性涂料、高固体份涂料。涂料中的挥发性有机化合物VOC含量应小于420g/L。其中，浮顶浮舱内部涂装的防腐蚀涂料应采用水性或无溶剂涂料。

5.3.4.4 消防、安全等附件检查

- a) 对储罐低液位报警、低液位报警、高液位报警、高高液位报警、紧急切断阀、火灾报警系统进行检验，对进、出口阀门及其执行机构予以维护。
- b) 宜利用检修时机，对固定、半固定泡沫灭火设施进行实战试运，发现问题，及时处理。
- c) 依据SH/T 3007《石油化工储运系统罐区设计规范》，检查人孔、排污孔（或清扫孔）是否设置到位，必要时予以增加。
- c) 对于有虹吸式脱水管的储罐，如果脱水管罐内的部分为不可拆卸焊接，应自弯头处割开，检查虹吸式脱水管遮挡部分罐底腐蚀情况，必要时予以补焊或局部更换。宜加装一对法兰，内防腐完工后恢复。
- d) 土壤腐蚀性强的地区，必要时，开挖检查储罐静电接地体、静电接地干线、支线腐蚀情况，腐蚀严重的应予更换。

5.3.5 检修质量标准

5.3.5.1 通用要求

- a) 施工质量要求按GB 50128、SH/T3530、SY/T 5921及SY/T 6620等规范标准的要求执行，实行检修全过程质量管理。质量检查应按施工工序分步进行，并做好隐蔽工程施工验收记录，“步步签字确认合格后”方可进行下一道工序。质量检查应先由施工单位自检，再由储罐所在企业的设备管理部门、属地单位、检维修监理（如果有）联合检查。
- b) 从事无损检测的人员应具有国家有关部门颁发的并与其工作相适应的资格证书，应按照GB 50128/、NB/T 47013等规范标准的要求进行检测。
- c) 防腐保温施工过程严格执行GB/T 50393、GB/T 8923.1、GB/T 8923.2、GB/T 8923.3、SH/T 3548、SH/T 3522等规范标准的要求，做好中间过程的质量控制。新建储罐防腐寿命宜不小于15年，维修防腐寿命宜不小于10年。
- d) 罐内消防泡沫管线的水压试验应在修复、安装完后进行，试验压力0.4MPa，稳压30min，无渗漏为合格。
- e) 罐体充水试验过程中，浮顶排水管的出口打开，注意观察罐壁和浮顶上排水管进出口处及阀门、法兰应无泄漏。

5.3.5.2 正常使用情况下，储罐内浮顶主要部件寿命为20年，其余易损件的使用寿命应不小于一个大修周期。

5.3.5.3 内浮顶应根据相关规范、设计文件要求和生产厂家的安装说明书编制安装技术方案。

5.3.5.4 钢制内浮顶检修质量标准应符合 SH/T 3530、GB 50128相关规定。

5.3.5.5 新购装配式内浮顶技术及安装要求宜参照SH/T 3194执行且满足如下要求：

5.3.5.5.1 内浮顶采用全液面接触式内浮顶时，内浮顶底板与液面之间不应存在油气挥发空间。内浮顶上、下表面都必须保证平整性，应满足内浮顶下表面的全接液效果及上表面拼装缝隙的密封性处理要求。

5.3.5.5.2 装配式内浮顶的设计浮力不应小于其自重的2倍+密封装置与罐壁的摩擦力，当采用高效全补偿弹性密封装置时，应在边缘密封气相空间和内浮顶上气相空间之间设置气相压力平衡设施，控制二者之间的压差低于设定值；如果采用密闭式内浮顶储罐（即带氮封不设置通气孔）时，内浮顶结构设计时应考虑罐内浮顶上部气相空间压力对内浮顶厚度方向的挤压作用。

5.3.5.5.3 全液面接触式内浮顶应符合GB 50341及GB 50128要求，并符合API Std 650附录H的相关规定以及相关订货技术条件要求。全接液内浮顶蜂巢（蜂窝）箱上板材厚度大于等于

0.6mm，下板材壁厚不锈钢大于等于1.5mm、铝合金大于等于2.0mm（当介质毒性为极度和高度危害时，板材厚度应增加，满足其相应要求）；无梁安装角钢壁厚大于等于2.0mm；有梁安装工字梁、槽形梁上下横板厚度大于等于2.0mm。

5.3.5.5.4 全液面接触式内浮顶应考虑方便安装、检修等因素。标准蜂巢（蜂窝）箱高度满足浮力计算、强度要求且大于等于120mm，标准蜂巢（蜂窝）箱宽度尺寸小于等于550mm，可以顺利从人孔出入；蜂巢（蜂窝）箱每平方米不低于2500个蜂巢（蜂窝）孔，表面无超过1.5mm的凸起或凹陷，无褶皱和扭曲变形。蜂巢（蜂窝）箱应进行气密性测试，试验压力为10kPa，保压时间不低于5min。

5.3.5.5.5 内浮顶储罐罐内导向管、量油管等侧壁开孔的立管宜采用包裹伸缩囊套进行密封，阻绝油气散逸，囊套应具有足够的强度和抗疲劳性，在内浮顶运行期间压缩比不低于15:1。囊套材质由卖方确定（须经设计方、买方确认），厚度0.5mm，骨架材质应为304不锈钢。

5.3.5.5.6 不锈钢内浮顶材质宜选用奥氏体，氯离子含量超过25mg/L的油品环境中不宜使用不锈钢内浮顶。

5.3.5.5.7 新采购浮筒、浮箱等浮动元件在入库前应对其材质、壁厚抽检，同时进行破坏性试验，抽检比例不小于2%且数量不小于2个；对制造商的浮动元件严密性试验，应作为重点质量进行管控。

5.3.5.6 内浮顶应设置一次密封，也可附加二次密封，密封结构的形式应与内浮顶的承载能力和边缘构件的形式相适配，尤其内浮顶下降时密封结构应完整可靠。

5.3.5.6.1 密封装置应能补偿±100mm环向间隙尺寸偏差，且具有良好的密封性能。密封宜采用一次弹性密封+二次舌型刮板密封型式，密封应有足够的柔性且整体材料应耐温、耐磨、耐腐蚀、阻燃、抗渗透、抗老化、具有良好的耐油性，对储罐防腐层无损害，不得污染罐内介质并与罐壁贴合紧密。

5.3.5.6.2 当采用全补偿弹性密封装置等钢滑板机械式一次密封时，在内浮顶正常漂浮状态下，钢滑板应插入液面100mm以上，与罐壁压紧力不低于100N/m；钢滑板宜采用1.0mm~1.5mm不锈钢薄钢板制作，不锈钢钢板应符合国家现行标准GB/T3280的相关要求。钢滑板与浮顶之间应采用截面积不小于10mm²的软铜电缆线进行连接，沿内壁间距不宜大于3m。

5.3.5.6.3 囊式密封采用浸液式设计和安装，浸液深度不低于30mm。

5.3.5.6.4 机械式一次密封密封隔膜、囊式密封密封带、二次舌型刮板密封材质应根据储存介质特性选取，连接处可用胶水连接，整个密封圈只允许搭接一次。密封隔膜拉伸断裂强力、断裂伸长和撕裂强力不低于JC/T 171.2中规定的I类要求。密封带应具有足够的柔性和耐磨性，能与罐壁很好贴合，无明显的间隙和透光现象。橡胶密封带性能不低于《浮顶油罐软密封装置橡胶密封带》（HG/T 2809-2009）的要求。二次舌型刮板密封截面宜为梯形，具有不透气且阻燃功能，具有足够的耐磨性，能与罐壁贴合紧密，无明显的间隙和透光现象。

5.3.5.7 呼吸阀、紧急泄放阀等安全附件的超压宜为定压的10%，回座压力宜为定压85%。当罐内压力为设定压力的75%时，呼吸阀、紧急泄放阀最大允许的泄漏量为：阀门小于等于DN150，最大泄漏量为0.014m³/h；阀门大于DN150且小于等于DN400，最大泄漏量为0.142m³/h；阀门大于DN400，最大泄漏量为0.566m³/h。新采购呼吸阀、紧急泄放阀，供应商应按照ISO28300/API 2000的要求对上述指标进行检定测试，应要求供应商提供泄漏量测试报告、定压报告等，过压10%时须达到额定最大排放量，并提供有效证明；现场安装前应进行定性检定，检测定压值、回座压力值及定性检测泄漏量等。

5.3.6 检修风险辨识

5.3.6.1 内浮顶储罐内所有作业均属于受限空间作业，存在人员中毒和窒息、触电及火灾、其他爆炸等风险。

5.3.6.2 内浮顶储罐本体及附件上动火作业存在火灾、其他爆炸等风险。

5.3.6.3 检修高处作业存在人员高处坠落、物体打击等风险。

5.3.6.4 用电设备存在漏电，人员触电等风险。

- 5.3.6.5 储罐降液位倒油时存在油品泄漏、油品喷溅伤人、机械设备损坏等风险。
- 5.3.6.6 拆除密封、浮箱/浮筒、浮盘时存在火灾、其他爆炸、中毒和窒息等风险。
- 5.3.6.7 在拆装盲板时存在物体打击、火灾、其他爆炸、中毒和窒息等风险。
- 5.3.6.8 内浮顶储罐检维修风险辨识及控制措施参照附录D执行。

5.3.7 检修作业

5.3.7.1 通用要求

- 5.3.7.1.1 储罐使用单位应组织编制储罐检修计划，制定详细的施工方案和可靠的安全措施，严禁无方案或超方案范围作业；方案审批完成后应下发相关人员学习，并提前做好作业交底；罐内浮舱（浮筒或浮箱）、密封等处的残存介质应制定专项处置方案，严禁就地排放；方案中必须包含作业环节危害识别、风险分析以及环境保护等内容，并制定相应措施。
- 5.3.7.1.2 储罐所属部门的管理、技术人员对储罐内部检查完成后应再次与施工单位核对施工项目，确认施工方案。当检修方案（作业内容、作业方式、作业范围、作业相关人员）、作业条件、工艺条件、作业环境发生变更时，应履行变更程序，重新进行作业危害分析，核对风险管控措施。
- 5.3.7.1.3 从事内浮顶储罐检修作业的单位应具有相应施工资质，特种作业人员应持有特种作业操作证方可进行检修作业，界定为GBZ/T 260中规定的职业禁忌症者不应参与相应作业。
- 5.3.7.1.4 储罐经过置换且气体检测合格后方可进入储罐作业，检测合格指标按照GB-30871中6.2受限作业要求执行，作业过程中使用便携式检测仪连续检测，发现便携式检测仪报警或其他异常情况时，应立即停止作业，迅速撤离。储罐所属部门应立即组织查找释放源，按规程处置。恢复作业前要重新对作业点和释放源区域气体进行采样分析，确认合格后重新开具作业票证。
- 5.3.7.1.5 存储过危险化学品的储罐交付施工进行清罐及拆除内浮顶、密封等部件作业时，应使用防爆风机强制通风，严禁使用非防爆器具、照明、通讯器材等。其他时段作业使用非防爆工具作业时，应按照用火作业要求进行审批。
- 5.3.7.1.6 罐内照明应使用电压小于等于12V的防爆灯具。电气设备应满足作业现场防爆等级要求，临时用电线路及设备绝缘良好，临时用电设施应安装符合规范要求的漏电保护器。电线入罐要采取防护措施，且不应由人员主要进出口或作业口入罐，在罐内不应有接头。
- 5.3.7.1.7 检修期间，应在储罐人孔前设置工具存放台，对入罐工器具进行依次摆放和清点。监护人应对工器具是否满足防爆要求和入、出罐的数量进行检查并记录。
- 5.3.7.1.8 严格控制进罐人数，企业主管部门在审核施工方案时，应依据施工内容、施工进度，将减少进罐人数作为重要控制指标。企业应通过推行机械化、自动化施工措施，尽量减少进罐人数。
- 5.3.7.1.9 罐内作业要严格执行作业许可管理制度等安全相关规定，严禁超作业票范围作业。
- 5.3.7.1.10 雷雨天（或严重低气压无风天气）、大雾天等情况，不应开展储罐检维修作业。
- 5.3.7.1.11 进入装配式内浮顶上部检查时，不得损坏浮顶板；内浮顶上同一地点承重不能超过3人。
- 5.3.7.1.12 检修停工期间，人孔应增设“受限空间，禁止进入”标识。
- 5.3.7.1.13 检修期间，应严格控制“三废”排放，未经处理严禁直接排放；清洗产生的液体、固体废物处理应符合国家的环保要求。

5.3.7.2 清罐作业程序

- 5.3.7.2.1 确定内浮顶罐停运时间、罐底介质的去向和转移方式。
- 5.3.7.2.2 做好内浮顶罐污染物排放协调工作，为开人孔、水冲洗等做好准备。
- 5.3.7.2.3 有硫化亚铁自燃风险的内浮顶罐，应实施除臭和钝化作业。
- 5.3.7.2.4 依据生产情况，按照清罐方案转移罐内物料。
- 5.3.7.2.5 储罐的进出阀门应关严并上锁挂牌，确认排空后安装工艺隔离盲板或拆除一段管道进行隔离；储罐的仪表电源、搅拌器等电气设备应断电隔离上锁挂签；与储罐连接的固定泡

沫系统应采取可靠措施，防止消防泡沫系统发生可燃介质互窜。

5.3.7.2.6 依据实际情况和物料特性，可安排实施注水、蒸罐、氮气置换、除臭及钝化等处理。

5.3.7.2.7 储罐蒸罐时宜控制罐内温度 $>75^{\circ}\text{C}$ ，避免对储罐涂层、浮顶密封橡胶造成损坏，蒸罐时应打开储罐人孔、透光孔等。遇突降雨或降温天气时要停止蒸罐作业，避免罐内形成负压。

5.3.7.2.8 内浮顶罐开人孔时，附近用火、临时用电等高风险作业应暂停。

5.3.7.2.9 由下部人孔向内浮顶罐内进行水冲洗，冲洗干净后，要保持人孔、透光孔通风，必要时采取强制通风等措施。

5.3.7.2.10 人员首次进入罐前，应研究气体采样措施，采样应具有代表性和有效性，宜对罐内上、中、下（左、中、右）空间、可能存留介质部位和作业点进行采样。罐内气体经采样分析合格、具备进人条件后，方可进罐检查和清扫，储罐所属部门的管理、技术人员应先进入罐内检查，施工单位作业人员不应先于业主人员进入储罐。

5.3.7.2.11 交付施工作业前，储罐所属单位应组织施工单位共同确认施工条件、落实防护措施，并签字留存。

5.3.7.2.12 作业人员须按照相关安全规定穿戴劳保用品、携带检定合格的监测仪器，使用经确认的防爆工具和防爆照明，进入储存过有毒有害介质的储罐应佩戴便携式有毒气体检测仪，首次进入应佩戴隔绝式呼吸器，必要时栓带救生绳。

5.3.7.2.13 为避免便携式气体检测仪受环境、标定气体和使用频率等因素影响导致检测结果不准确的情况，使用前应采用与被测气体相同的标准气体对仪器进行校核，确保测量结果准确可靠。

5.3.7.2.14 清扫完毕后，储罐所属单位应安排人员进罐对密封胶带和浮动元件（浮筒、浮箱等）进行检查，确认是否有介质渗漏；如果渗漏进油，浮动元件（浮筒或浮箱）积油清理及进油囊式密封的拆除可参考附录B制定方案进行处理。处理完成后，储罐所属单位应组织本企业设备、生产等专业管理部门和相关施工单位共同进行清罐验收并签字。

5.3.7.2.15 因生产等因素影响导致无法按照附录A要求周期进行清罐时，应办理储罐延期清罐手续，分析延期清扫存在风险并制定管控措施，由设备、生产等专业部门审核确认后实施。

5.3.7.3 检修作业程序

5.3.7.3.1 储罐的检修工艺和验收标准参照 SH/T3530、GB 50128、SH/T3194执行，防腐按照 GB 50393等标准要求执行。

5.3.7.3.2 检修准备工作应做到“七落实”，即计划项目落实、图纸资料落实、施工方案落实、物资材料落实、施工力量和机具落实、施工质量措施落实、安全环保措施落实。

5.3.7.3.3 凡需进罐检查或在罐体上动火的作业，在作业前必须完成清罐验收，按照有关规定办理相关作业手续，罐内气体经采样分析合格，具备安全作业条件。

5.3.7.3.4 内浮顶罐内部动火前，依据作业风险识别的结果，确定是否拆除浮盘密封，若确定拆除，则应将拆除的密封等可燃物置于罐外。如需拆除内浮顶可参照附录C制定方案进行。

5.3.7.3.5 罐内防腐的施工、养护期间应加强通风和监测，在养护期间要防止气温变化造成易燃及有毒有害气体聚集，引发事故。

5.3.7.4 试验与验收

5.3.7.4.1 储罐检修完毕后，设备专业应组织各专业进行检修内容和检修质量确认。

5.3.7.4.2 除参照SHS 01012、SH/T3530、GB 50128、GB 50727、GB 50185 SHS 01012-2019第5.1、5.2条相关规定执行外，还需满足如下要求：

a) 装配式内浮盘检验与验收参照SH/T 3194相关条款执行。

b) 全接液浮盘的水平度偏差应不大于10mm，圆度偏差小于1‰，且当浮盘直径小于等于25m时，偏差小于等于25mm；当浮盘直径大于25m时，偏差小于等于30mm。浮盘模块间应紧密可靠连接，透光检测时光照强度不低于100勒克斯。

c) 内浮顶及边缘密封安装完成且全部检查合格后，应按照GB 50128要求进行充水试验。当一次密封采用滑动弹力板式密封，在充水试验进行同时，应对边缘密封进行气密性测试，向

边缘密封空间内充压300Pa，保压30分钟，压力下降不高于15%。

d) 内浮顶应在全行程上能无阻碍地正常运行，在升降和静止时应处于水平漂浮状态。升降平稳，导向机构、密封装置、自动通气阀、支柱等无卡涩现象，内浮顶及其附件与罐体上的其它附件无干扰。

e) 当内浮顶处于最低支撑高度时，浮顶及其以下附件不得互相碰撞；当浮顶处于最大设计液位高度时，支柱不应与固定顶相碰撞。

f) 浮顶支柱本身及浮顶支柱与其他部分的连接结构应能承受最大进液时产生的汽液冲击及介质的饱和蒸气压（不低于设计温度时）。

g) 浮盘和密封安装后应按照GB 50128、GB 50074、SH/T 3007的规定检验外，还应按照GB 37822、GB 31570、GB 31571的规定增加VOCs检测要求。

5.3.7.4.3 企业进行消防（泡沫）试验前应向罐内充水，浮盘升至 $\geq 3\text{m}$ 时方可进行。应将浮盘降至罐体中部人孔下部时，方可进行泡沫消除处理，除净后才能将试浮用水放尽。

5.3.7.4.4 储罐封闭前，确认所有检修任务完成，材料、工器具等清理干净，无废弃物遗留在罐内，参加验收人员应予以确认签字。

5.3.7.5 投用前检查

5.3.7.5.1 储罐投用前，储罐所属部门应按照企业相关安全管理规定，组织储罐投用前安全审查并签字。

5.3.7.5.2 投用前应将检修所用的工器具、脚手架、临时用电设施等撤离现场并清除检修后留下的垃圾、油污等废弃物。

5.3.7.5.3 检查储罐的工艺、辅助管路流程，确认管段盲板的复位或抽插情况，确认储罐液位计、呼吸阀、压力表等安装验收情况，确认储罐根部阀门的开关状态。

5.3.7.5.4 储罐密封点已完成检查，验收合格。

5.3.7.5.5 储罐所有安全设施完全恢复正常状态后，储罐方可投入运行。

5.3.7.6 应急处置

5.3.7.6.1 储罐所属部门应建立应急组织机构，明确职责和应急处置程序。

5.3.7.6.2 施工单位应编制检修作业活动的应急预案和现场专项处置方案。

5.3.7.6.3 检修现场设置明确的应急紧急集合点，不应占用，检修配置的应急器材或物资应保持完好，不应挪作他用，始终保持应急通道畅通。

5.3.7.6.4 检修作业前，储罐所属部门组织作业人员开展应急处置的交底。

5.3.7.6.5 发生事故时，储罐所属部门应及时启动应急响应机制，第一时间成立现场应急指挥部，统一指挥协调现场应急处置工作。

5.3.7.6.6 发生事故快速采取能量隔离、切断物料、退守稳态等关键操作动作。

附录 A

储罐清扫、开罐检修、定期检验周期（参考）

介 质	清扫周期 (年)	开罐检修周 期(年)	定期检验周 期(年)	备注
航煤	2~3	8	8	
轻质半成品（未采取氮封 等特殊安全措施）	2	4	8	加工高硫原油的企业，柴加原料油、直馏 石脑油、催化重汽油、轻污油及其余轻质 半成品
轻质半成品（已采取氮封 等特殊安全措施）	4	8	8	加工高硫原油的企业，柴加原料油、直馏 石脑油、催化重汽油、轻污油及其余轻质 半成品
轻质半成品	4	8	8	加工低硫原油的企业，柴加原料油、直馏 石脑油、催化重汽油、轻污油及其余轻质 半成品
成品或原料	8	8	8	汽油、柴油、苯、二甲苯、甲醇、MTBE

清扫周期说明：

- (1) 清扫周期一般结合生产、设备、安全因素综合考虑确定。
- (2) 当有安全、设备、工艺及生产需要等特殊情况时，可提前或推迟清扫时间。
- (3) 原料或产品储罐因各种原因受污染影响质量对使用造成威胁时，可安排随时清罐。

附录 B

内浮顶浮舱、浮筒、浮箱积油清理及进油囊式密封的拆除

B.1 积油清理前期工作

B.1.1 在清罐过程中，盲板有效隔离、罐底油彻底倒完，打开内浮顶下部罐壁人孔和内浮顶上部罐壁的带芯人孔、罐底排污孔、罐顶透光孔后，站在内浮顶下部罐壁人孔外用消防水冲洗罐底。

B.1.2 自然通风24h以上。

B.1.3 安装防爆鼓风机向罐内强制通风，防爆风机排风量大于1.5倍罐内容积，确保内浮顶上气体分析合格、作业安全。

B.2 浮舱积油清理

B.2 进入内浮顶上检查。当发现浮舱泄漏、内部存油时，如果密封相对完整、可基本隔离内浮顶上部与下部可燃气体流通时，用气动隔膜泵最大限度将存油回收。

B.2.2 如果存油浮舱较多、回收油品过程中可能发生内浮顶偏沉倾倒时，可将下部罐壁人孔、排污孔封上，注水至内浮顶下部。

B.2.3 待气动隔膜泵抽油后，向存油浮舱逐个注水，将浮舱底部的余油置换出。为便于余油流至罐底，可用光滑的圆木棍插入临近密封处，引流余油和水。

当内浮顶相对稳定时，也可在内浮顶下部罐底清理后，适当加固支承内浮顶，再用气动隔膜泵回收存油、注水进行余油置换。

B.3 浮筒积油清理

B.3.1 将有介质渗漏的浮筒拆除并立即移出罐外指定的空旷处进行处理。

B.4 浮箱积油清理

B.4.1 对于浮箱式装配内浮顶，如果浮箱进油，宜将进油的浮箱逐个拆除、移至罐外指定的空旷处进行处理；若浮箱存油过多，拆除过程可能发生结构溃散的，须采用气动隔膜泵抽油后方可拆除转移罐外。

B.5 以上操作，严格执行安全和职业卫生要求，做好个人防护，办理相应作业许可证，做好作业受限空间的气体监测。

B.6 进油囊式密封的拆除

B.6.1 囊式密封进油后，需拆除维修。

B.6.2 根据内浮顶支承高度，用铁皮或薄钢板预制简易流槽，卡在内浮顶周边外环板与罐底板角焊缝之间；用陶瓷刀等无火花刀具划破密封带，由人孔远端开始向人孔附近的方向对密封下部进行划破，完成人员后立即撤出罐外，让其内油品沿流槽自流至罐底；划破过程中，人员注意安全站位，避免油品喷溅至身体；划破作业期间安排人员从下人孔外向罐内进行水冲洗，按照清罐方案再次清罐；水冲洗集中至脱水池后，予以回收。流槽和划口的多少，根据需要而定。

B.6.3 油品流净后，于内浮顶上将密封带上部一周全部划开；罐顶透光孔上安装防爆鼓风机向罐内鼓风，促进密封填料内油品挥发、外排。

B.6.4 待油气基本挥发干净，内部气体分析合格，逐块抽出弹性填料，拆除密封带及紧固件、支承件等附件。

B.6.5 禁止密封带划口后任由油品自然洒落，避免产生静电、引发火灾。

B.6.6 以上操作，严格执行安全和职业卫生要求，做好个人防护，办理相应作业许可证。

B.7 非进油或非浸液式囊式密封的拆除

B.7.1 通过外观检查，密封整体完好按照保护性拆除的方式实施，在防爆轴流风机正常投用的条件下，做好个人防护及使用防爆工器具拆除密封。

B.7.2 密封拆除过程务必实时监测弹性填料处逸出部位的混合气情况，一旦达到爆炸下限，立即停止作业，人员撤离至罐外。

附录 C

内浮顶的拆除

C.1 内浮顶拆除检修原则

C.1.1 作业前，为避免坍塌风险，应评估内浮顶结构稳定性，做好浮盘失稳防护措施，全接液内浮顶拆除前应联系制造商共同评估；

C.1.2 内浮顶拆除前，应按照先拆密封带再拆内浮顶的顺序进行。浮力单元拆除优先考虑罐内保护性拆除、罐外破坏性拆除的方式，连接浮盘与罐顶的静电导出线宜最后拆除；

C.1.3 内浮顶拆除过程中，应优先选择在内浮顶上部作业，如必须采用下部作业方式时，应制定风险消减措施；

C.1.4 人员进出通道，必须搭建固定支撑，其他区域固定支撑根据内浮顶结构及故障情况确定；

C.1.5 不存在坍塌风险的内浮顶，作业前在储罐外预制临时支撑工装，工装应可从储罐人孔进出，拆除作业过程中，应将临时支撑工装固定在作业面内浮顶支腿处，内浮顶与管壁缝隙间使用垫木做好支撑，防止浮顶结构性变形坍塌，保护作业人员安全。

C.1.6 存在坍塌风险的内浮顶，拆除作业前应搭建固定支撑。搭建固定支撑前，应安装临时支撑工装，工装应从储罐人孔进出，并在安全区域放置，保证搭建人员作业安全；

C.1.7 已坍塌无法复位的内浮顶或因结构原因无法按上述步骤拆除的，应组织风险评估，制定专项拆除方案；

C.1.8 内浮顶构件拆除转移过程应防止拖拽刮蹭产生火花。

C.2 浮筒式内浮顶拆除

C.2.1 浮筒拆除要求：

a) 作业人员在罐底从边缘板连接处进行拆除，按照先拆四周后拆中间的顺序拆卸浮筒；

b) 使用防爆工具拆除紧固件，无法拆开的螺栓可采取手工锯断或螺栓破除器的方法拆卸，手工锯断时用水冷却，防止摩擦发热；

c) 拆下的浮筒要轻拿轻放，不应碰撞，不应堆放在罐内；

d) 保护性拆除的浮筒要及时搬运至罐外指定位置，做好通风、防雨、防渗、防晒措施。

C.2.2 蒙皮、主梁、次梁、支腿和附件拆除要求：

a) 作业人员站在主梁骨架上，用防爆工具沿着次梁骨线将蒙皮分割成小块拆除，蒙皮拆除后卷团运出罐外；

b) 作业人员注意站位，用防爆工具依次拆除附件、次梁、主梁及支腿，拆下的构件轻拿轻放，避免碰撞，及时运出罐外。

C.2.3 拆除梁及支腿要求：

a) 使用防爆工具拆卸梁和支腿的连接螺栓，依次拆除副梁、主梁、外圈梁、支腿等，拆除的部件从浮顶下人孔运出罐外到指定位置；

b) 拆除支腿和连接梁的过程中，施工人员要随时观察剩余支腿和梁的稳固性，针对可能倒塌部位搭设支撑架防止人员砸伤；

c) 内浮顶拆除完成后，拆除罐内支撑架。

C.4 钢制焊接单、双盘内浮顶拆除要求：

C.4.1 拆除浮舱应先拆上盖板，再拆边缘板，然后拆除隔板，最后拆除下盖板及浮仓支腿；

C.4.2 拆除焊接单、双盘内浮顶时，按照同一方向切割（如顺时针），应保证受力均衡，防止失稳。

C.5 装配式有梁结构全接液内浮顶（包括浮箱式内浮顶、金属蜂巢式内浮顶等）拆除要求：

C.5.1 浮力元件可单独拆除的有梁结构内浮顶，应先拆浮力元件再拆框架梁，从边缘到中心逐步拆除浮力元件和框架梁；

C.5.2 浮力元件不可单独拆除的有梁结构内浮顶，需同步拆除浮箱和梁，应搭建支撑架，从

边缘到中心逐步拆除浮力元件和框架梁；

C.6 装配式无梁结构全接液内浮顶（包括整体加强模块式内浮顶、玻璃钢内浮顶等）拆除要求：

- C.6.1 根据故障状况，制定方案，应搭设支撑架固定内浮顶，保持稳定；
- C.6.2 使用防爆工具从边缘到中心逐步拆除浮力元件；
- C.6.3 整体加强模块式内浮顶宜采用防爆扳手拆除螺栓的方式进行拆除；
- C.6.4 玻璃钢内浮顶，应组织评估，制定拆除方案；
- C.6.5 内浮顶拆除完毕方可拆除支撑架。

附录 D

内浮顶罐检修风险辨识及控制措施

序号	风险种类	风险来源	控制措施
1	受限空间作业人员中毒和窒息、中暑风险	1、罐内油渣、垃圾由于蒸煮不到位，人工清扫时，潜藏油气泛起造成人员中毒。 2、油罐内部防腐施工，溶剂挥发造成人员中毒。 3、罐内通风不良，氧气不足，造成人员窒息。 4、罐内温度高，人员集中，造成人员中暑。	1. 进罐前必须进行罐内硫化氢、苯、CO等各类有毒气体检测合格；对情况复杂，预估在清扫过程中可能出现有毒有害气体的，须佩戴隔离式呼吸器进行清罐作业，长管送风机放置罐外新鲜风上风处。 2. 罐内保持强制通风，作业期间保持罐内气体持续监测，一旦发现异常情况，作业人员应立即退出，查明原因，重新处理至合格后再进行作业。 3. 与油罐相同的工艺介质、氮气、蒸汽管道必须加盲板隔离或进行物理隔断，每日作业前检查能量隔离措施是否有效。 4. 罐内温度超过45℃，禁止进罐作业。 5. 进罐作业人员必须进行血压测量，测量不合格人员不允许作业 6. 进罐作业人员必须佩戴便携式四合一报警仪。 7. 监护人员每30分钟与罐内人员用对讲机或人工喊话联络一次。 8. 在检修现场备好藿香正气水、绿豆糖水、盐汽水等防暑降温药物和饮品

2	火灾、其他爆炸风险	<p>1. 清罐作业时，可能使用柴油机、移动泵作业，由于设备缺陷造成火灾爆炸事故。</p> <p>2. 油罐检修涉及浮盘及密封拆除作业，在浮盘或密封拆除过程中，可能因为浮筒、浮箱、密封胶囊等地方藏有油气而造成火灾爆炸。</p> <p>3. 油罐检修涉及罐内外顶板、壁板、底板、附件等打磨、切割、焊接等作业，可能因为罐内设备、管道等局部地方蒸煮吹扫不彻底含有油气或能量隔离不到位造成火灾爆炸事故。</p> <p>4. 罐外管道、设备检修动火，没有做好附近泄漏源管理，导致火灾爆炸事故。</p> <p>5. 富含硫化氢的储罐可能存在硫化亚铁自然的风险。</p> <p>6. 罐内外防腐喷砂造成火灾爆炸风险。</p>	<p>1. 柴油机必须有防火罩。放置在罐区外。先装皮带后启动。转动部位必须有防护罩。</p> <p>2. 齿轮泵必须是适合易燃易爆物质运转的型号。罐内照明电压小于等于12V。</p> <p>3. 油罐清扫必须使用防爆电器、防爆工具或不产生火花的木、竹用具。</p> <p>4. 有硫化亚铁自燃风险的内浮顶罐，应实施除臭和钝化作业。</p> <p>5. 作业前必须对罐内、管道进行多点气体化验分析，合格方可进行动火作业。对于储罐周围15m内的地沟、地漏、污水井等，应检查分析并采取清理、封盖等措施；距罐30m内严禁排放各类可燃气体，15m内严禁排放各类可燃液体；距罐10m范围内不应同时进行可燃溶剂清洗、喷漆施工。</p> <p>6. 逐个检查浮筒（全接液浮盘浮箱等）、浮舱内是否存油，对泄漏浮筒（全接液浮盘浮箱等）做标记并拆卸移至罐外，对泄漏浮舱进行处理，直至分析检测合格。</p> <p>7. 检查罐底板有无腐蚀泄漏，腐蚀坑内是否存油，存油重新置换处置</p> <p>8. 工作照明应使用防爆电筒或电压小于等于12V的防爆安全行灯，行灯变压器不应放在容器内或容器上，防止照明设备碰撞、坠落；需使用电动工具或照明电压大于 12V 时，应按规范安装漏电保护器。</p> <p>9. 罐内防腐施工时，严禁罐内焊接等动火作业。</p> <p>10. 防腐施工严格控制稀释剂用量，在工艺允许的情况下，尽量使用水性涂料。</p> <p>11. 必须穿防静电工作服、工作鞋，进罐前一定先触摸导静电球，消除人体静电。</p> <p>12. 作业人员佩戴合适的气体报警仪，动火管道、油罐进行气体连续测量记录。</p>
---	-----------	---	--

3	<p>吊装、脚手架搭拆、动火等作业过程存在人员伤害风险</p>	<p>1. 在油罐检修过程中，涉及高处作业、吊装作业、脚手架拆搭作业等，存在高处坠落、高空落物、机械伤害、物体打击等人身伤害风险。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高处作业人员必须系五点双挂式安全带，安全带必须高挂低用，办理高处作业票。 2. 脚手架符合相关标准要求，经验收挂牌方可使用。 3. 吊装作业执行“十不吊”原则。 4. 严禁高空抛物，物件必须进行人力或吊装搬运，小工具落实工具袋、手绳固定等措施，防止落物。 5. 高处作业前进行职业健康体检，排除高空作业禁忌症参与作业 6. 高作及领边作业落实空洞封闭、临边护栏、安全网、安全带、防坠器等保护措施。 7. 确认所有与检修罐体相连管线已加盲板隔离或断开连接；带搅拌机的设备要切断电源，挂“禁止合闸”的标志牌，设专人监护
4	<p>喷砂、防腐作业造成人员伤害及环境污染风险</p>	<p>油罐喷砂作业存在喷枪伤人、粉尘伤害、噪音伤害等风险</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意喷枪工作距离，控制喷砂枪数量及喷砂人员数量。 2. 喷砂作业人员要按要求穿戴砂衣，穿戴喷砂防护手套，做好防护工作。 3. 控制罐内存砂量，当砂量阻挡通道前及时清理，保证消防通道通畅。 4. 喷砂作业人员要带好防尘面罩、防噪音耳塞。 5. 采取喷砂尘雾收集、湿法喷砂等措施，减少尘雾的产生。 6. 防腐施工严格控制稀释剂用量，在工艺允许的情况下，尽量使用水性涂料。 7. 涂刷具有挥发性溶剂的涂料时，采取强制通风措施，确认透光孔或人孔设有强制通风设施且投用