



油气田VOCs管控要求与防治技术

2023.4



中国昆仑工程有限公司

CHINA KUNLUN CONTRACTING & ENGINEERING CORPORATION



一、油气田VOCs管控要求

二、油气田VOCs防治技术



一、油气田VOCs管控要求

我国VOCs管控要求重要时间节点

《石化行业VOCs污染源排查工作指南》和《石化企业泄漏检测与修复工作指南》于2015年发布，炼化企业管控体系迅速成型

2014年《石化行业挥发性有机物综合整治方案》（环发〔2014〕177号）

2015年，石油炼制工业、石油化学工业、合成树脂工业三项污染物排放标准
(GB31570-2015)
(GB31571-2015)
(GB31572-2015)

2017年，《“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案》（环大气〔2017〕121号）

2018年，国务院印发《打赢蓝天保卫战三年行动计划》

2019年，《重点行业挥发性有机物综合治理方案》

2019年《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822-2019）

《关于加强重污染天气应对夯实应急减排措施的指导意见》（环办大气函〔2019〕648号）

2020年，《2020年挥发性有机物治理攻坚方案》

2020年《陆上石油天然气开采工业大气污染物排放标准》（GB 39728-2020）

重点行业、重点区域持续强化管控



一、油气田VOCs管控要求

《石化行业挥发性有机物综合整治方案》

主要任务

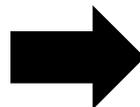
01 开展VOCs污染源排查

02 严格建设项目环境准入

03 完善VOCs监督管理体系

04 实施VOCs全过程污染控制

05 建立VOCs管理体系



1.大力推进清洁生产

2.全面推行“泄漏检测与修复”

3.加强有组织工艺废气治理

4.严格控制储存、装卸损失

5.强化废水废液废渣系统逸散废气治理

6.加强非正常工况污染控制



一、油气田VOCs管控要求

2019年5月，发布《挥发性有机物无组织排放控制标准》，2019年7月1日实施。

1 适用范围

本标准规定了 VOCs 物料储存无组织排放控制要求、VOCs 物料转移和输送无组织排放控制要求、工艺过程 VOCs 无组织排放控制要求、设备与管线组件 VOCs 泄漏控制要求、敞开液面 VOCs 无组织排放控制要求，以及 VOCs 无组织排放废气收集处理系统要求、企业厂区内及周边污染监控要求。

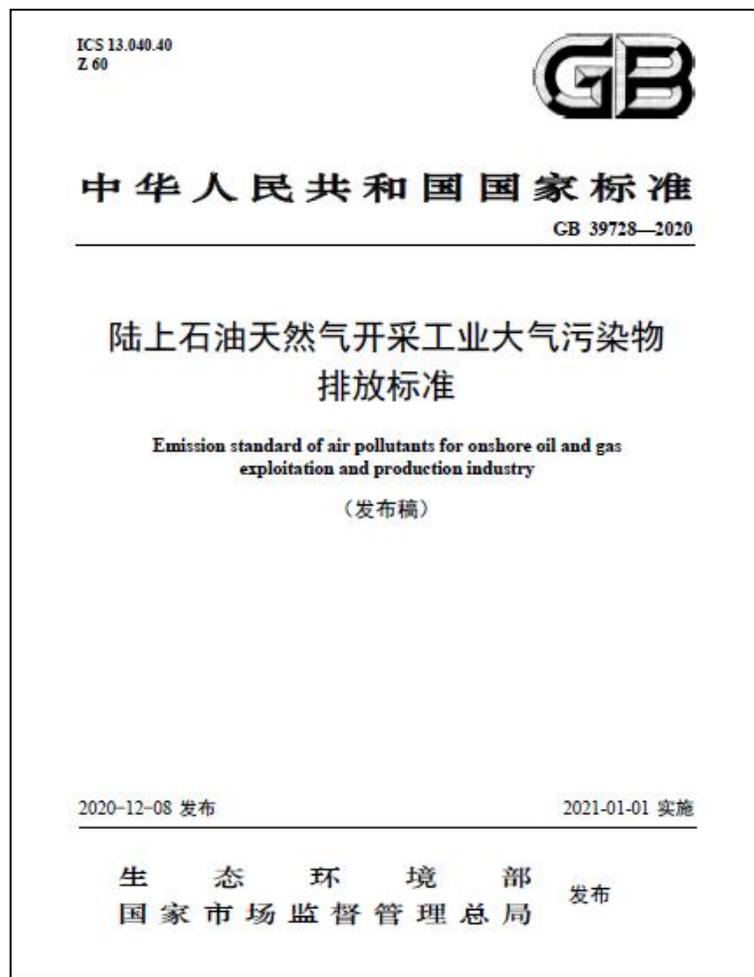
本标准适用于涉及 VOCs 无组织排放的现有企业或生产设施的 VOCs 无组织排放管理，以及涉及 VOCs 无组织排放的建设项目的环评评价、环境保护设施设计、竣工环境保护验收、排污许可证核发及其投产后的 VOCs 无组织排放管理。

国家发布的行业污染物排放标准中对 VOCs 无组织排放控制已作规定的，按行业污染物排放标准执行。

因安全因素或特殊工艺要求不能满足本标准规定的 VOCs 无组织排放控制要求，可采取其他等效污染控制措施，并向当地生态环境主管部门报告或依据排污许可证相关要求执行。



一、油气田VOCs管控要求



《陆上石油天然气开采工业大气污染物排放标准》

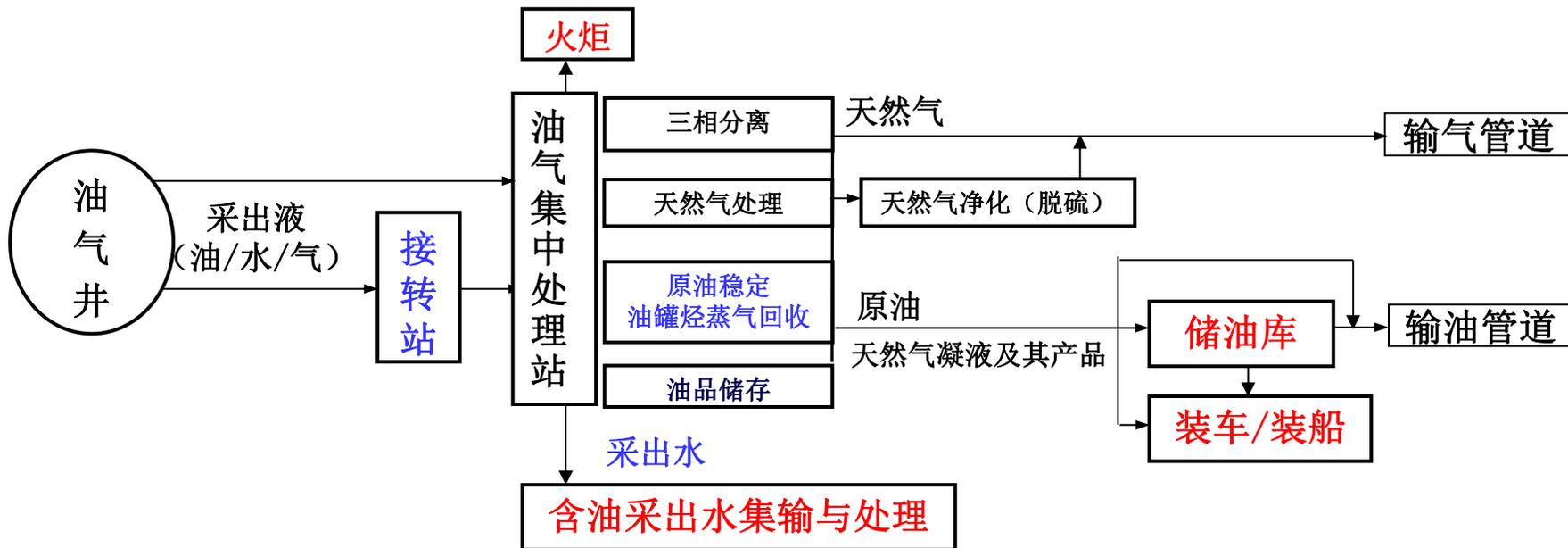
2020年12月8日发布

新建企业2021年1月1日实施

现有企业2023年1月1日实施



一、油气田VOCs管控要求



- 采出液 (来自地层)：平均含水率在90%以上。
- 天然气：甲烷占95%-99% (mol%)，其次为乙烷。基本不属于VOCs物料。
- 挥发性有机液体：原油 (未稳定原油和稳定原油)、天然气凝液、液化石油气、稳定轻烃 (1号和2号)。
- 采出水 (油田和凝析气田)：含油。

主要VOCs排放源包括：

- 原油等挥发性有机液体储存和装载；
- 设备与管线组件动静密封点泄漏；
- 含油采出水集输与处理 (敞开液面)；
- 火炬系统。



一、油气田VOCs管控要求



1、储罐



2、装卸车



3、敞开液面



4、动静密封点



5、工艺有组织



6、火炬

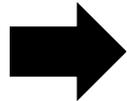


一、油气田VOCs管控要求

1、储罐

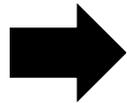
按物质提出管控要求

- 天然气凝液
- 液化石油气
- 1号稳定轻烃



按照《油田油气集输设计规范》（GB50350-2015）、《气田集输设计规范》（GB 50349-2015）规定，严格控制该类强挥发性液体的VOCs排放，即不分蒸气压和储罐容积，一律要求采用压力罐或低压罐实现密闭储存。

- 2号稳定轻烃



不分蒸气压和储罐容积，一律要求采用“浮顶罐+高效密封”或“固定顶罐+油气回收”。



一、油气田VOCs管控要求

1、储罐

原油→所在地区（一般、重点）→现有或新建→真实蒸气压→容积

物料	现有或新建储罐	物料真实蒸气压, kPa	单罐设计容积, m ³	排放控制要求
原油	现有	>66.7	>100	①
		≥27.6但≤66.7	>500	②
	新建	>66.7	≥75	①
		≥27.6但≤66.7	≥75	②

① 符合下列要求之一：

- a) 采用压力罐或低压罐；
- b) 采用固定顶罐，采取油罐烃蒸气回收措施；
- c) 采取其他等效措施。

② 符合下列要求之一：

- a) 采用浮顶罐。外浮顶罐的浮盘与罐壁之间采用双重密封，且一次密封采用浸液式、机械式鞋形等高效密封方式；内浮顶罐的浮盘与罐壁之间采用浸液式、机械式鞋形等高效密封方式；
- b) 采用固定顶罐并对排放的废气进行收集处理，非甲烷总烃去除效率不低于80%；
- c) 采用气相平衡系统；
- d) 采取其他等效措施。



一、油气田VOCs管控要求

1、储罐

重点地区 key regions

根据环境保护工作要求，对大气污染严重，或生态环境脆弱，或有进一步环境空气质量改善需求等，需要严格控制大气污染物排放的地区。

物料	物料真实蒸气压, kPa	单罐设计容积, m ³	排放控制要求
原油	>66.7	—	①
	≥27.6但≤66.7	≥75	②
	≥5.2但<27.6	≥150	②

① 符合下列要求之一：

- a) 采用压力罐或低压罐；
- b) 采用固定顶罐，采取油罐烃蒸气回收措施；
- c) 采取其他等效措施。

② 符合下列要求之一：

- a) 采用浮顶罐。外浮顶罐的浮盘与罐壁之间采用双重密封，且一次密封采用浸液式、机械式鞋形等高效密封方式；内浮顶罐的浮盘与罐壁之间采用浸液式、机械式鞋形等高效密封方式；
- b) 采用固定顶罐并对排放的废气进行收集处理，非甲烷总烃去除效率不低于90%；
- c) 采用气相平衡系统；
- d) 采取其他等效措施。



一、油气田VOCs管控要求

1、储罐

真实蒸气压 true vapor pressure

有机液体工作（储存）温度下的饱和蒸气压（绝对压力），或者有机混合物液体气化率为零时的蒸气压，又称泡点蒸气压，可根据 GB/T 11059、GB/T 8017 等相应测定方法换算得到。

注：在常温下工作（储存）的有机液体，其工作（储存）温度按常年的月平均气温最大值计算。

GB/T 11059 原油蒸气压的测定 膨胀法

GB/T 8017 石油产品蒸气压的测定 雷德法

E. 真实蒸汽压

对于特定的石油液体储料的日平均液体表面蒸汽压，可通过以下公式计算：

$$P_{VA} = \exp \left[A - \left(\frac{B}{T_{LA}} \right) \right] \quad (0-30)$$

式中：

$$A = 12.82 - 0.9672 \ln(\text{RVP})$$

$$B = 7261 - 1216 \ln(\text{RVP})$$



一、油气田VOCs管控要求

1、储罐

■ 完成改造时间要求

本标准对现有原油储罐提出延迟改造的例外，规定不应晚于最近一个停工检修期，并报生态环境主管部门确定。

- **升级改造工作量巨大**，为满足本标准要求，需要采取大罐抽气、设置废气处理设施，或更换新罐。
- **油气藏存在枯竭退役问题**，基本上没有备用储罐，空罐较少，所有储罐改造在2-3年的标准过渡期内难以完成，大面积停工势必影响石油天然气的生产；此外油罐也存在寿命问题。



一、油气田VOCs管控要求

1、储罐

储罐的运行维护要求

5.2.3 储罐运行维护要求

5.2.3.1 浮顶罐运行要求

5.2.3.1.1 罐体应保持完好，不应有孔洞（通气孔除外）和裂隙。

5.2.3.1.2 浮盘附件开口（孔），除采样、计量、例行检查、维护和其他正常活动外，应密闭；浮盘边缘密封不应有破损。

5.2.3.1.3 支柱、导向装置等储罐附件穿过浮盘时，其套筒底端应插入储存物料中并采取密封措施。

5.2.3.1.4 除储罐排空作业外，浮盘应始终漂浮于储存物料的表面。

5.2.3.1.5 自动通气阀在浮盘处于漂浮状态时应关闭且密封良好，仅在浮盘处于支座支撑状态时可开启。

5.2.3.3 储罐维护要求

5.2.3.3.1 外浮顶罐不符合5.2.3.1条以及固定顶罐不符合5.2.3.2条规定的，应在90天内完成修复或排空储罐停止使用；若延迟修复或排空储罐，应将相关方案报生态环境主管部门确定。

5.2.3.3.2 在每个停工检修期内对浮顶罐的完好情况进行检查。发现有不符合5.2.3.1条要求的，应在该停工检修期内完成修复；若延迟修复，应将相关方案报生态环境主管部门确定。

5.2.3.3.3 编制检查与修复记录并至少保存3年。



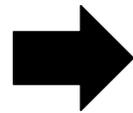
一、油气田VOCs管控要求

2、装卸车

5.3.1 装载方式要求

挥发性有机液体装载应采用底部装载或顶部浸没式装载方式；采用顶部浸没式装载的，出料管口距离罐（槽）底部高度应小于200 mm。

- 天然气凝液
- 液化石油气
- 1号稳定轻烃



不论蒸汽压和装载规模大小，一律要求密闭装载或采用气相平衡系统。

原油和2号稳定轻烃



油气集中处理站、天然气处理厂、储油库装载原油和2号稳定轻烃，真实蒸汽压 ≥ 27.6 千帕的，重点地区真实蒸汽压 ≥ 5.2 千帕的安装油气回收设施或者采用气相平衡系统。



一、油气田VOCs管控要求

3、敞开液面

5.4.1 油气田采出水、原油稳定装置污水、天然气凝液及其产品储罐排水、原油储罐排水应采用密闭管道集输，接入口和排出口采取与环境空气隔离的措施。

5.4.2 **重点地区**敞开式油气田采出水、原油稳定装置污水、天然气凝液及其产品储罐排水、原油储罐排水的储存和处理设施，若其敞开液面逸散排放的VOCs浓度（以碳计） $\geq 100 \mu\text{mol/mol}$ ，应符合下列规定之一：

- a) 采用浮动顶盖；
- b) 对设施采用固定顶盖进行封闭，收集排放废气中非甲烷总烃浓度不超过 120 mg/m^3 。收集废气中非甲烷总烃初始排放速率 $\geq 2 \text{ kg/h}$ 的，废气处理设施非甲烷总烃去除效率不低于80%；
- c) 采取其他等效措施。

■ 检测方法

HJ 733 泄漏和敞开液面排放的挥发性有机物检测技术导则



一、油气田VOCs管控要求

4、动静密封点

- 5.5.1 重点地区油气集中处理站、天然气处理厂、储油库，载有气态VOCs物料、液态VOCs物料或质量占比 $\geq 10\%$ 的天然气的设备与管线组件的密封点 ≥ 2000 个的，应开展泄漏检测与修复工作。
- 5.5.2 泄漏排放管控的设备与管线组件种类按GB 37822执行。
- 5.5.3 出现下列情况之一，则认定设备或管线组件发生了泄漏，应开展修复工作：
- a) 密封点存在渗液、滴液等可见的泄漏现象；
 - b) 密封点泄漏检测值超过表4规定的泄漏认定浓度。

表4 设备与管线组件密封点泄漏认定浓度

单位： $\mu\text{mol/mol}$

适用对象		重点地区泄漏认定浓度
气态 VOCs 物料		2000
天然气		2000
液态 VOCs 物料	挥发性有机液体	2000
	其他	500

- 5.5.4 泄漏检测、泄漏源修复和记录要求按GB 37822执行。



一、油气田VOCs管控要求

4、动静密封点

对于检测、修复、记录的要求

8.3 泄漏检测

8.3.1 企业应按下列频次对设备与管线组件的密封点进行 VOCs 泄漏检测：

- a) 对设备与管线组件的密封点每周进行目视观察，检查其密封处是否出现可见泄漏现象。
- b) 泵、压缩机、搅拌器（机）、阀门、开口阀或开口管线、泄压设备、取样连接系统至少每 6 个月检测一次。
- c) 法兰及其他连接件、其他密封设备至少每 12 个月检测一次。
- d) 对于直接排放的泄压设备，在非泄压状态下进行泄漏检测。直接排放的泄压设备泄压后，应在泄压之日起 5 个工作日之内，对泄压设备进行泄漏检测。
- e) 设备与管线组件初次启用或检维修后，应在 90 d 内进行泄漏检测。

8.3.2 设备与管线组件符合下列条件之一，可免于泄漏检测：

- a) 正常工作状态，系统处于负压状态；
- b) 采用屏蔽泵、磁力泵、隔膜泵、波纹管泵、密封隔离液所受压力高于工艺压力的双端面机械密封泵或具有同等效能的泵；
- c) 采用屏蔽压缩机、磁力压缩机、隔膜压缩机、密封隔离液所受压力高于工艺压力的双端面机械密封压缩机或具有同等效能的压缩机；



一、油气田VOCs管控要求

4、动静密封点

对于检测、修复、记录的要求

8.4 泄漏源修复

8.4.1 当检测到泄漏时，对泄漏源应予以标识并及时修复。发现泄漏之日起5 d内应进行首次修复，除8.4.2条规定外，应在发现泄漏之日起15 d内完成修复。

8.4.2 符合下列条件之一的设备与管线组件可延迟修复。企业应将延迟修复方案报生态环境主管部门备案，并于下次停车（工）检修期间完成修复。

- a) 装置停车（工）条件下才能修复；
- b) 立即修复存在安全风险；
- c) 其他特殊情况。

8.5 记录要求

泄漏检测应建立台账，记录检测时间、检测仪器读数、修复时间、采取的修复措施、修复后检测仪器读数等。台账保存期限不少于3年。



一、油气田VOCs管控要求

5、工艺有组织

除5.2、5.3、5.4规定外，生产装置和设施有组织排放废气应符合下列规定：

- a) 非甲烷总烃排放浓度不超过120 mg/m³；
- b) 生产装置和设施排气中非甲烷总烃初始排放速率 ≥ 3 kg/h的，废气处理设施非甲烷总烃去除效率不低于80%。重点地区生产装置和设施排气中非甲烷总烃初始排放速率 ≥ 2 kg/h的，废气处理设施非甲烷总烃去除效率不低于80%。

6、火炬

5.7.4 油气集中处理站、天然气处理厂的火炬系统应符合下列规定：

- a) 采取措施回收排入火炬系统的液体；
- b) VOCs和天然气进入火炬应能及时点燃并充分燃烧；
- c) 连续监测火炬及其引燃设施的工作状态（火炬气流量、火炬火焰温度、火种气流量、火种温度等），编制监测记录并至少保存3年。



一、油气田VOCs管控要求

企业边界无组织排放监控浓度限值

油气田主要工艺站场（油气集中处理站、涉及凝析油和天然气凝液的天然气处理厂、储油库），其边界非甲烷总烃任何1小时平均浓度不得超过**4.0毫克/米³**，与《石油炼制工业污染物排放标准》（GB31570-2015）、《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）对新建企业的要求一致。对于规模小、分散、排放量少、难以管控的油气井场、计量站、接转站未做规定。





一、油气田VOCs管控要求

监督与管理

- 7.1 本标准由生态环境主管部门负责监督实施。
- 7.2 企业是实施排放标准的责任主体，应采取必要措施，达到本标准规定的污染物排放控制要求。
- 7.3 对于有组织排放，采用手工监测或在线监测时，按照监测规范要求测得的污染物任意1 h平均浓度值超过本标准规定的限值或污染物去除效率低于本标准规定的限值，判定为超标。
- 7.4 对于企业边界，采用手工监测或在线监测时，按照监测规范要求测得的污染物任意1 h平均浓度值超过本标准规定的限值，判定为超标。
- 7.5 企业未遵守本标准规定的措施性控制要求，构成违法行为的，依照法律法规等有关规定予以处理。
- 7.6 对于设备与管线组件VOCs泄漏控制，如发现下列情况之一，构成违法行为的，依照法律法规等有关规定予以处理：
 - a) 企业未按本标准规定开展泄漏检测与修复工作的；
 - b) 现场随机抽查，在检测不超过100个密封点的情况下，发现有2个以上（不含）不在修复期内的密封点出现可见泄漏现象或超过泄漏认定浓度的。



一、油气田VOCs管控要求

二、油气田VOCs防治技术



二、油气田VOCs防治技术

1、原油和2号稳定轻烃储罐

目前，大部分采油厂、联合站等均建设较早，储罐多采用固定顶罐或外浮顶罐。其中，固定顶罐顶部配备呼吸阀，通过呼吸阀控制储罐压力。外浮顶罐一般采用双密封的形式。



环保问题

- 进料
- 温度变化



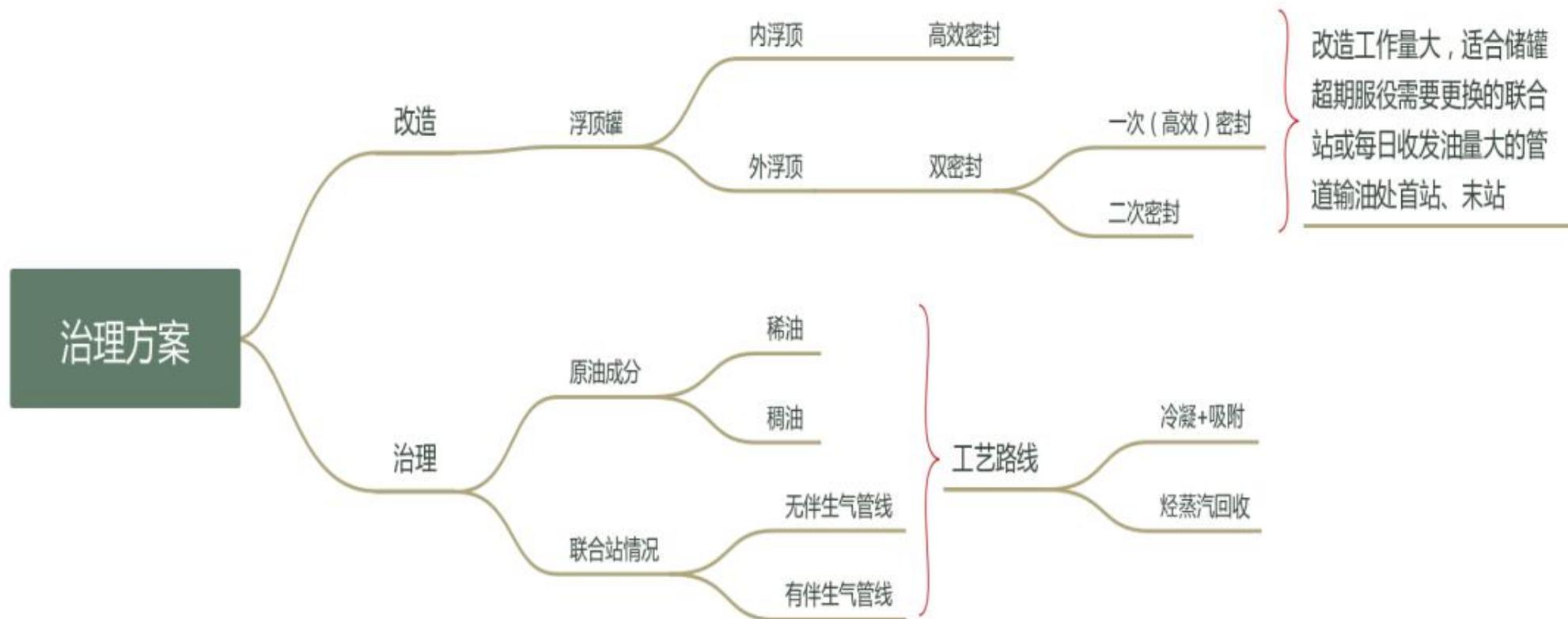
解决办法

- 更换为内/外浮顶罐
- 烃蒸汽回收



二、油气田VOCs防治技术

1、原油和2号稳定轻烃储罐



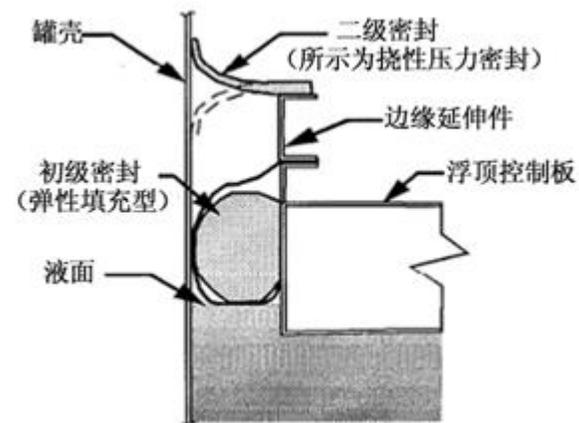


二、油气田VOCs防治技术

1、原油和2号稳定轻烃储罐

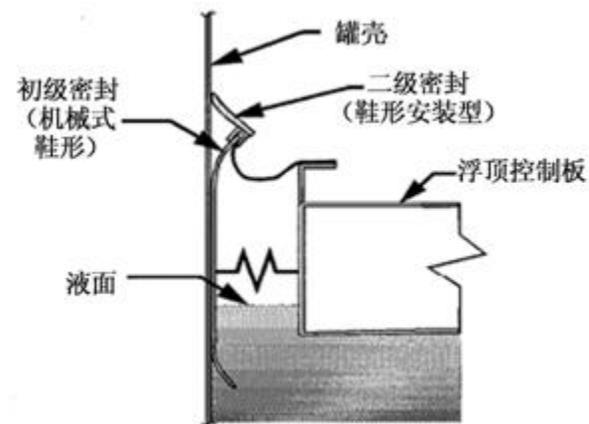
01 浸液式密封

浮顶的边缘密封浸入储存物料液面的密封形式，又称液体镶嵌式密封



02 机械式鞋形密封

通过弹簧或配重杠杆使金属薄板垂直紧抵于储罐罐壁上的密封形式

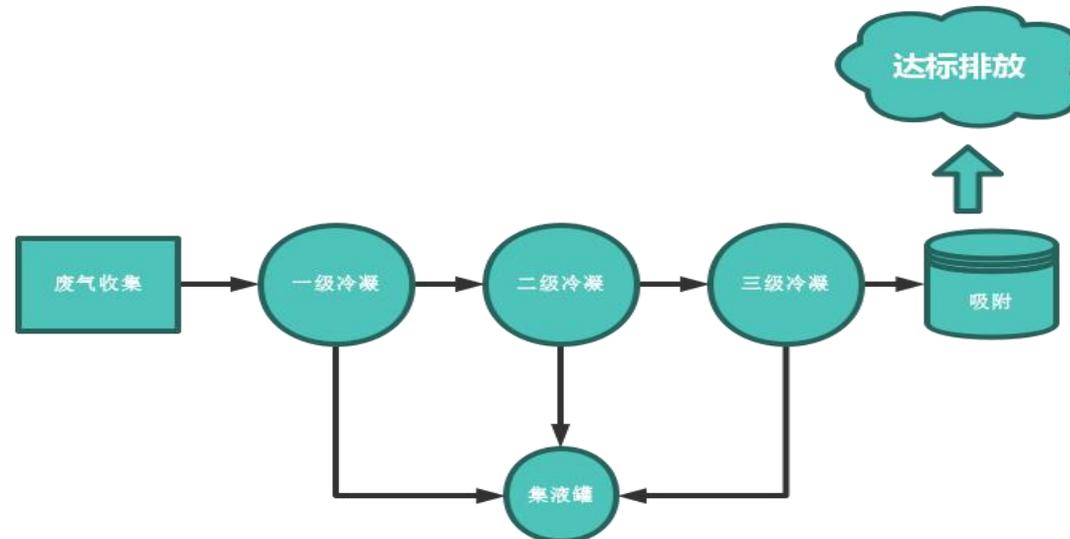




二、油气田VOCs防治技术

1、原油和2号稳定轻烃储罐

- 采用固定顶罐的需要对储罐排放的废气进行收集处理，非甲烷总烃去除效率不应低于80%，**重点地区**非甲烷总烃去除效率不应低于90%。
- 若原油属于**稠油**，挥发的气体中轻组分较少，**且**联合站附近无采出气管道，可借鉴炼化企业油气回收处理经验，采用冷凝+吸附工艺进行处理。



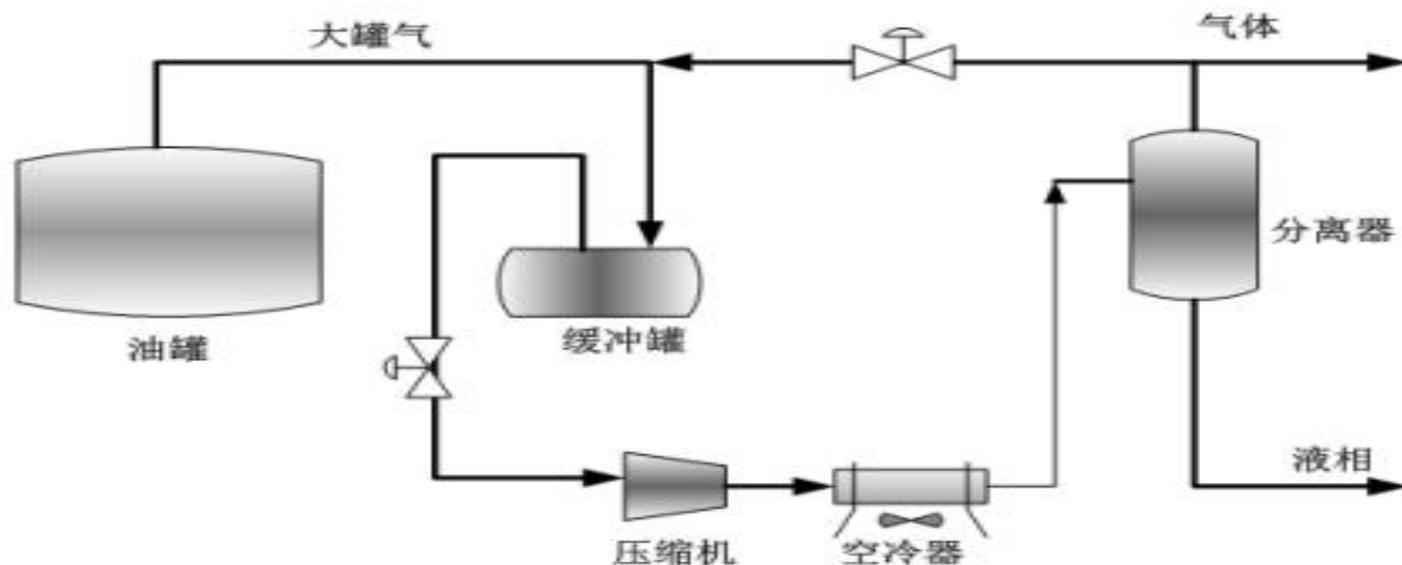


二、油气田VOCs防治技术

1、原油和2号稳定轻烃储罐

若联合站附近有采出气管道，可采用烃蒸汽回收工艺。

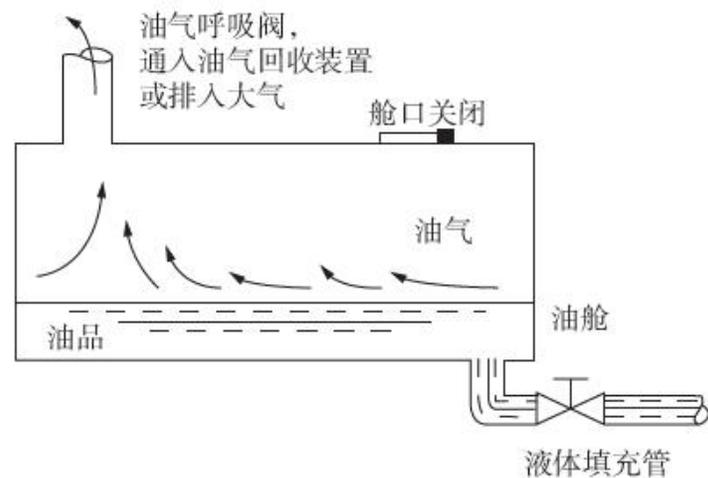
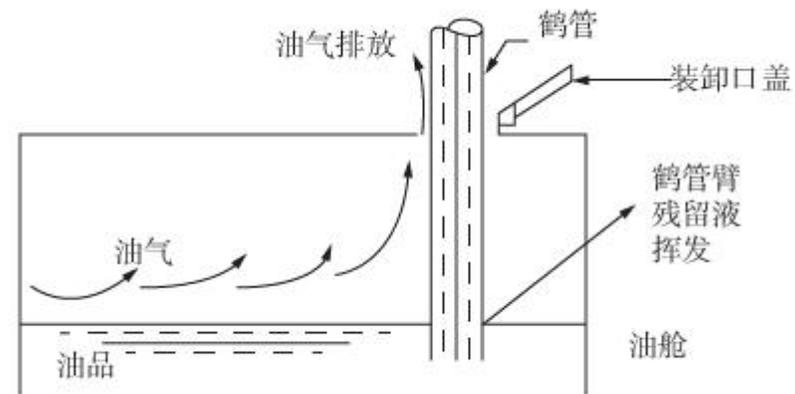
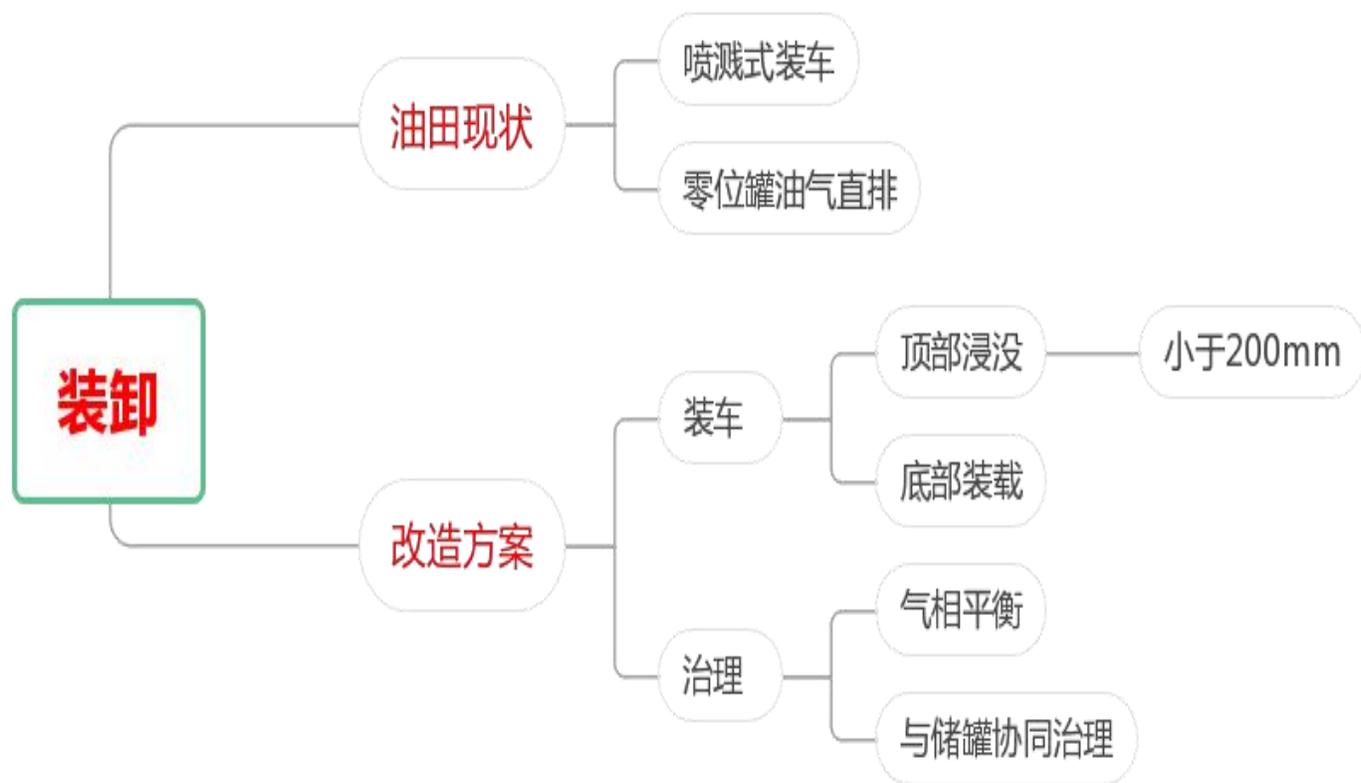
将多个储罐挥发出来的油气通过罐顶的管线引入缓冲罐，去除轻质油和冷凝水，通过变频螺杆压缩机增压至0.2MPa以上，经空冷器冷却至40°C以下后进入分离器进行气液分离，气相送入轻烃厂或管网，液相进入凝液罐，最终密排至集输系统。





二、油气田VOCs防治技术

2、挥发性有机液体装载系统





二、油气田VOCs防治技术

2、挥发性有机液体装载系统

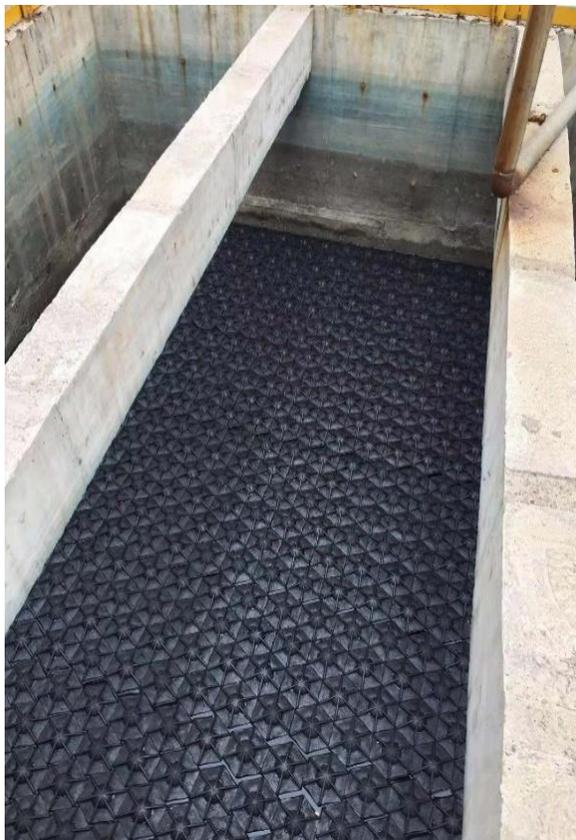




二、油气田VOCs防治技术

3、废水集输和处理系统

浮动顶盖



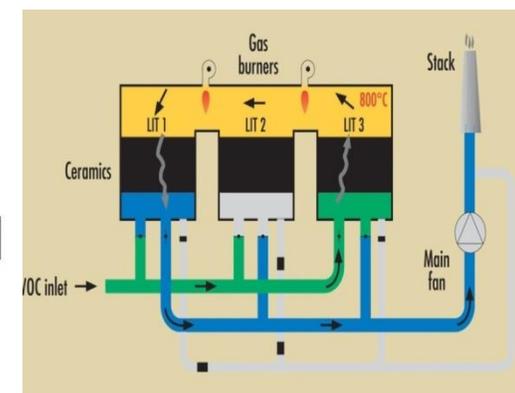
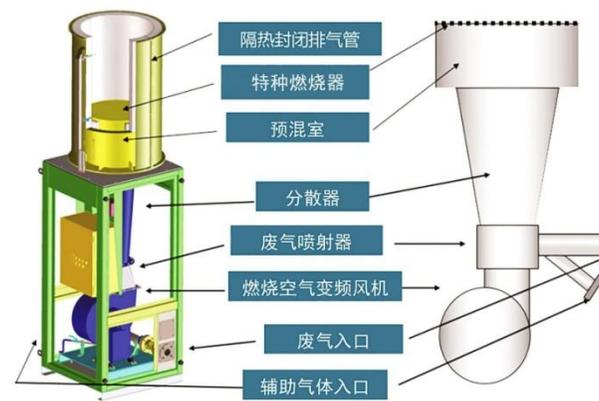
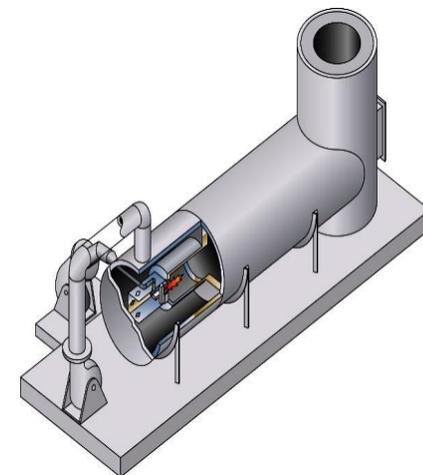
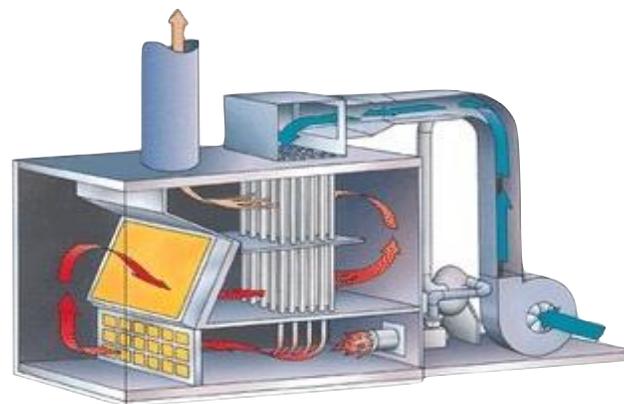
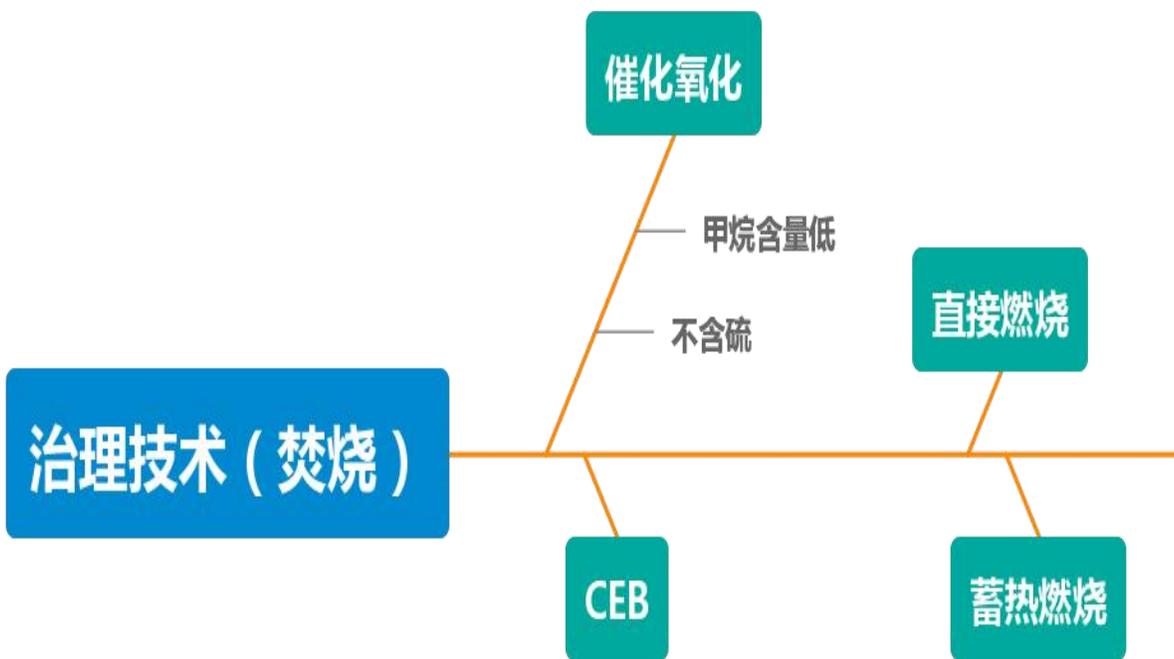
固定顶盖





二、油气田VOCs防治技术

3、废水集输和处理系统

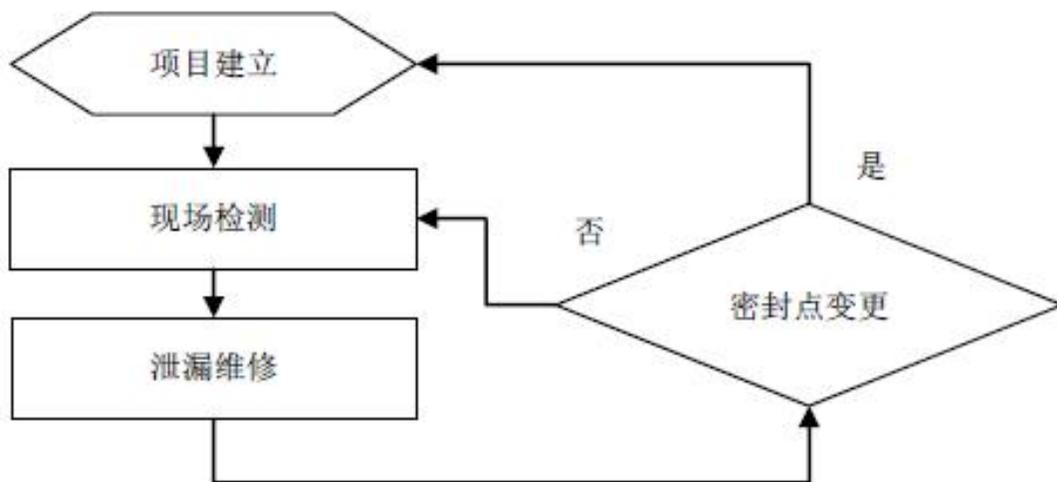




一、油气田VOCs管控要求

4、动静密封点

实施泄漏检测与修复



项目建立（挂牌或照片）

现场检测

打造精品工程 助力能源发展

谢谢