

# 内浮顶储罐在 VOCs 管控下的改造措施

郑雅文（中国石化扬子石油化工有限公司，江苏 南京 211500）

**摘要：**随着环保政策的日益严格，内浮顶储罐在 VOCs（挥发性有机物）管控中的作用愈发重要。本文内浮顶储罐 VOCs 治理中的密封性能不足、呼吸阀调节局限及管理缺陷，系统实施密封系统优化、呼吸阀升级、智能化管控与新材料应用等改造措施。结果显示：通过强化密封性、精准调节排放及智能运行监控，显著降低了 VOCs 无组织排放。改造方案在实现环保合规的同时提升了设备运行效率与经济效益，为石化行业绿色转型提供了有效技术路径。

**关键词：**内浮顶储罐；VOCs；改造措施

中图分类号：TE972

文献标识码：A

文章编号：1674-5167 (2025) 028-0160-03

## Improvement measures for internal floating roof storage tanks under VOCs control

Zheng Yawen(Sinopec Yangtze Petrochemical Co., Ltd., Nanjing Jiangsu 211500, China)

**Abstract:** Amid increasingly stringent environmental policies, internal floating roof tanks are gaining importance in controlling volatile organic compounds (VOCs). This study addresses three key challenges in VOCs management— inadequate sealing performance, regulatory limitations of breathing valves, and operational management deficiencies— through systematic upgrades including sealing system optimization, breathing valve enhancement, intelligent management systems, and novel material applications. Results demonstrate significant reduction in fugitive VOC emissions via strengthened sealing integrity, precise emission regulation, and smart operational monitoring. The retrofit solution not only ensures environmental compliance but also improves equipment operational efficiency and economic benefits, providing an effective technical pathway for green transformation in the petrochemical industry.

**Keywords:** internal floating roof storage tank; VOCs; improvement measures

近几年来，随着大气污染越来越严重，对 VOCs 的排放控制提上日程。平时所用到的石油、化工行业中的内浮顶储罐，密封好坏与否直接关系着 VOCs 释放的多少，现有的内浮顶罐因设计或运行管理等方面存在诸多缺陷如密封不严实、调节不精准等造成大量 VOCs 泄漏，影响了我们的生活环境及企业发展。针对以上问题必须给现在石油、化工行业中所使用到此类罐体进行环保升级整改，提升此类设备自身的使用等级。接下来我将针对 VDCVS 管控下的内浮顶储罐给出相应的相关改造措施供我们公司使用。

### 1 内浮顶储罐的基本结构

内浮顶罐广泛应用于石油、化工等行业，是一种用于储油或储液的储油容器。其主体结构一般包括：罐体、浮盘、密封装置、呼吸阀以及附件等。其中罐体一般是用来盛放液体物料的钢质圆柱形容器；浮盘是位于液体上方，随液位上下运动的浮体，用于减少空间，减小 VOCs 蒸发损失，一般为轻质合金或复合材料制成的浮盘；密封装置设置在浮盘边缘和罐壁之间，目的是防止气体泄漏出去，主要有机械密封、弹性密封、双层密封等方式。呼吸阀主要安装于罐顶，用于调节罐压，在一定条件下避免了储罐的损坏及泄露现象。此外，还包括有进出料口、人孔、液位计等其他相关附属设备。储罐的整体结构设计将直接影响

到储罐的密封情况，对 VOCs 的排放有着至关重要的作用。

### 2 VOCs 无组织排放的危害

VOCs 的无组织排放，在给石油化工产业造成巨大经济损失的同时也在一定程度上影响着石化行业的能源合理利用；而另一方面，它正在严重地污染大气环境、人们生存的自然环境。挥发性有机物（VOCs）成分众多可以说是 VOCs 最大的特点之一：包含酮、醇、酚等氧化物以及含硫等有机化合物的这一类气体在大气环境中极易发生光化学反应从而形成臭氧和 PM2.5 等二次污染物，并导致空气持续受到污染，危害人体健康，使人患呼吸系统疾病和心血管疾病。此外，VOCs 无组织排放还会带来资源浪费，提高企业运营成本，因此，加强其控制对石油化工行业来说有着积极的意义。

### 3 内浮顶储罐在 VOCs 管控下的现存问题

#### 3.1 密封性能不足

内浮顶储罐在 VOCs 管控中面临的一个主要问题是密封性能不足，传统内浮顶罐密封结构基本都是使用机械式或者弹性类的密封，在日常的运作当中可能会因为各种原因（如：时间长、安装不到位）而出现密封不严密等状况进而导致跑冒滴漏。在经常有频繁液位起伏变化或是温差较大的场所，由于罐内的密封

装置容易发生形变及损耗从而引发泄露。部分储罐自身并没有定期检查维护所以也很难发现在使用过程当中存在的一些漏洞，直到造成较为严重的泄露才会被察觉，这种现象是相当浪费的，在无形之中提高了生产者的治理费用，与绿色环保的初衷相违背。

### 3.2 呼吸阀调节能力有限

呼吸阀调节能力有限是内浮顶储罐在 VOCs 管控中的另一大问题，呼吸阀是储罐调节压力的主要部件，如果罐体内部压强升高，则应该有相应型号的呼吸阀将多余的气体排放出去，否则就会造成罐体内部气体大量溢流，形成非正常排放情况。呼吸阀在很多情况下并不具备防 VOCs 的能力，在设计时没有考虑到这一点，因而不能随着罐体的压力升降进行相应的变化来控制罐体内部气体的流动。

例如，在进料或者出料的过程中，因为其涉及到的气流量都比较大，这时就需要储罐上的呼吸阀能够及时开合以防止罐内的压力突然增大而导致安全事故的发生。除此之外，也有呼吸阀由于长时间使用出现了堵塞、锈蚀等现象，降低了呼吸阀的敏感程度，使得罐体内的挥发性气体得以泄露，对环境造成了一定的影响。

### 3.3 储罐运行管理不到位

储罐运行管理不到位也是当前内浮顶储罐在 VOCs 管控中存在的突出问题，在实际操作中，部分企业在储罐的使用过程中，对于日常的情况不了解、不监控，也就不能把握储罐的实际运转状况，不知道是否有泄露发生；同时在装卸和检修等工作中又没有严格按照规章制度进行工作，极易造成 VOCs 无组织排放。比如在物料装卸的过程中，如果不注意是否密闭或者没有任何的回收措施，都会直接增加泄漏的可能性。除此之外，还有的企业在平时的工作培训中要求不高，导致他们在工作时不考虑环保等问题而多产生泄漏源。

## 4 内浮顶储罐的改造措施

### 4.1 优化密封系统设计，提升整体密封性能

内浮顶储罐的密封系统是控制 VOCs 泄漏的关键环节，其好坏直接决定了整个储罐的环保性能。目前很多储罐均采用传统的机械密封或者弹性密封结构，这类密封由于材质老化、安装不当等原因往往会出现密封不严的问题，进而导致油气溢出的情况发生，这也是亟需改造的方向之一。

首先，要采用优质的密封材料，包括防腐防蚀、抗温变性能优异的聚氨酯、氟橡胶等。

其次，密封结构也需要进行升级处理，可以考虑增加密封层数，或将不同类型的密封层叠在一起构成

复合密封结构，从而保证两个密封面上接触良好，使密封更有效；另外也可以考虑采用一些先进的密封技术，比如磁力密封、动态密封装置等来满足油位上下波动剧烈的特点。

再次，在定期对密封部分做好检查和维护工作的同时建立良好的巡检机制，保证密封装置完好可用。这样既能够有效降低存储过程中的跑冒滴漏现象（特别是 VOCs），达到环保的要求，也能够提高设备寿命、减少不必要的费用支出。

### 4.2 升级呼吸阀与泄压装置，实现压力精准调控

呼吸阀作为内浮顶储罐内部压力调节的核心部件，呼吸阀的使用情况决定着 VOCs 的有效释放与否。目前常见的呼吸阀并没有考虑到特殊的 VOCs 属性，在较大压差时，气体大量溢出，并未得到有效控制而造成非正常排出。所以需要对此类设备进行更换升级属于必要的改造部分。

采用低排放量呼吸阀，此种类型的阀门可以较好地保证密封效果和排放率，能在各种不同情况下持续运行；也可对储罐安装智能呼吸阀来控制内部气体的流动，增加感应器检测压强变化并自动调节开关大小的阀门，在不同的状态下可以自行调控达到合适的程度以减少不必要的排风量；还可加强泄压装置的保养工作，使其保持良好的运转状态，不能有堵塞或生锈的现象出现。如此便可使各类呼吸阀、泄压等装备能有效控制其无组织排放，也能使整座罐体发挥应有的功效。

### 4.3 加强储罐运行管理，规范操作流程与监控体系

储罐运行管理的不到位是导致 VOCs 泄漏的重要原因之一，因此，加强对运行管理也是内浮顶储罐改造的重要内容。部分企业对储罐运行没有系统的制度管控，导致其设备无法正常运行，并且易发生泄漏的地方也无从入手。

所以，首先建立一套健全的运行管理体系：如编制详细的储罐操作规程、规范每个工作岗位的要求、员工培训等；其次要构建完善的企业监控系统，通过安装在线监测仪器设备来监控油品储存过程中的温度、压力及液位变化，以发现隐患并及时处理。

同时，在对企业进行装卸或检修等危险性较大作业时，一定要做好全封闭的工作，在密封处进行相应的作业，防止在这一过程中引起 VOCs 的泄露。

### 4.4 引入智能化控制系统，实现数据驱动的环保管理

随着工业自动化水平的不断提高，把智能控制系统运用到内浮顶罐中是必然的趋势。传统的储罐管理靠人的操作、人的经验来进行，存在反应时间长、误差大等问题，也不利于环保要求的落实，因此应用

智能化控制系统有利于提高储罐的环保性。通过智能化系统可以更好地管理内浮顶罐，进行数据分析：首先在罐区安装各种传感器对储罐进行监控，可以对储罐内的液位高度、温度、压力、罐内气体浓度等信息进行实时检测；然后根据数据分析平台的数据分析得出相应的处理方式；再根据相关条件和预设的参数控制相关设备工作情况，比如调节呼吸阀大小、改变进料速度大小等；还可以与公司自身的企业ERP或者MES数据互通并由员工进行管理和操作，减少人为的疏忽而产生的危险发生的几率。通过这些改善完善使储罐变得更加聪明、更加方便，为公司带来更好的效益。

#### 4.5 应用新型材料与结构设计，提升储罐整体性能

内浮顶储罐的材料选择与结构设计对其密封性能、防腐蚀程度以及使用寿命。所以，应用新材料与新结构设计也是储罐改造的方向之一。传统的罐体材料都是碳钢或是合金钢等容易被腐蚀的材质，易引起密封失效而出现泄漏问题。因此，罐本体和浮盘可以使用耐酸碱性强且具有一定强度的不锈钢或复合材料进行制造。

另外，还可以对浮盘的结构加以改进，例如将轻质合金浮盘替换掉老式单层浮盘，或者采取双层浮盘的结构设计；同时也可以通过给罐本体和浮盘表面喷涂新型涂层的方式达到减少泄漏的目的，如纳米防腐漆涂层或是防渗漏涂层等，以进一步提升防护性能。在一定程度上，不仅可以减少 VOCs 的泄露量，同时也能够使企业节省大量资金用于设备维护及其他用途，长远来看，将会产生巨大的效益。

#### 4.6 强化储罐接地与防静电措施，保障安全运行

在石油行业，内浮顶罐在运转过程中极易产生静电积聚的现象，是引起火灾、爆炸等安全事故的主要原因之一，也会对密封系统和环保设备造成影响，从而间接导致 VOCs 泄漏。由于储罐内部的物料输送、搅拌以及装卸等工作会生成大量的静电，在没有防静电措施的情况下很容易引发事故，使得储罐本身达不到环保的效果。

因此我们在改造的过程中应当重视储罐本身接地与防静电系统的建立工作，确保储罐本体、浮盘、管道、附属设备上都有相应的接地装置，并且要定期进行接地电阻测试，达到国家规定的标准。可以采用喷涂抗静电涂层或者加入抗静电剂等方式来减少储罐中产生的静电，提高安全系数；也可以加强工作人员的安全教育，让大家养成良好的工作习惯，注意物料的输送、装卸等作业过程，避免意外情况的发生。

除此之外，我们还可以加强对相关设备如阀门、

开关、管件等零部件质量方面的控制，保证所有零件都符合国家标准，后期操作过程能够得到安全保障，也为后续 VOCs 管控工作的开展打下了基础。

#### 4.7 推进标准化建设，提升整体管理水平

现阶段仍有部分石油公司存在内浮顶罐管理规章制度不健全、作业不规范等问题，导致罐体运行情况无法完全掌握、潜在漏点不易发现，不利于 VOCs 控制。现阶段大力推行标准化建设迫在眉睫，要按照国家及行业标准的要求结合企业实际情况制定储罐相关管理制度和工作标准，涵盖设计安装、运行维护等各个阶段，使各个环节有据可依、有规可循；建立档案体系，将有关储罐的各项数据资料完整地归档留存，出现问题时可以有所依据，做到心中有数；请专业机构对公司罐体的相关环保性能进行检测评估，发现问题及时改进，实现罐体全方位达标升级。

#### 5 结束语

内浮顶改造作为整个 V 型储存的升级改造的一个环节，无论从加强密封、更新呼吸阀还是加强设备运行管理或者加入智能装置、创新使用新材料等方面均有利于从源头降低 VOCs 泄漏概率，提高罐体环保等级，同时也能够助力企业发展应对愈加严苛的环保要求，在绿色发展、低碳方面出一份力。日后还需不断结合新技术、新措施健全公司的运销体系。

#### 参考文献：

- [1] 陈凯. 关于内浮顶储罐 VOC 挥发影响因素的分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(24):26-27.
- [2] 张建. 石化仓储企业内浮顶储罐浮盘拆除作业安全风险及管理建议 [J]. 化纤与纺织技术, 2021, 50(11):94-96.
- [3] 高学建. 内浮顶储罐浮盘囊式密封接头隐患及改进措施 [J]. 化工管理, 2021, (29):136-137.
- [4] 王雷. 内浮顶储罐油气泄漏的控制与管理探讨 [J]. 中国设备工程, 2021, (17):174-176.
- [5] 王军强, 叶威. 大型储罐内浮顶储罐单盘变形控制方法 [J]. 化工管理, 2021, (24):105-107.
- [6] 龚洪祥. 储罐达标整治改造推动 VOCs 综合治理 [J]. 聚酯工业, 2021, 34(04):59-62.
- [7] 曹琛, 赵邈, 赵坤芳. 内浮顶储罐浮盘的发展趋势及复合材料浮盘的应用前景 [J]. 石油库与加油站, 2021, 30(01):4-6+55.
- [8] 邓伟. 内浮顶储罐在 VOCs 管控下的改造措施 [J]. 石油石化物资采购, 2022(18):20-20.
- [9] 边福胜, 罗显军, 李腾, 等. 内浮顶储罐在 VOCs 管控下的改造措施 [J]. 化工管理, 2019(7):2-2.