

# 机场油库储运过程中 VOCs 治理技术应用与研究

赵方洲 王璐瑶 (中国航空油料有限责任公司西安分公司, 陕西 西安 710082)

**摘要:** 随着我国社会的发展, 环境保护提高到国家治理方向的历史新高度。VOCs 控制及治理, 已成为我国环保工作的重点之一。环保排放新标准的颁布和实施, 推动我国 VOCs 治理在石油、化工领域迈入攻坚阶段。通过对全接液式盘、拱顶储罐改为内浮顶储罐、氮封、油气回收等 VOCs 末端治理技术进行了研究, 并结合国内机场油库储运过程中 VOCs 的排放特点, 选择了全接液式盘技术对 VOCs 进行工业应用, 对机场油库储运过程中固定顶罐 VOCs 开展了治理, 实施优化措施, 对环境治理具有现实意义。

**关键词:** 机场油库储运; VOCs; 治理技术

## 1 国内某机场油库无组织 VOCs 现状

国内某机场油库无组织 VOCs 主要集中在 MF0001、MF0003、MF0007、MF0008 等四个固定顶罐中。以 MF0001 为例, MF0001 储罐直径 14.6m (47.90ft), 罐体高度 13.2m (43.3ft), 油面平均年储存高度 9.3m (30.51f), 罐穹顶半径 14.6m (47.90ft)。储存罐体积 2000m<sup>3</sup>; 罐体涂漆颜色: 白色; 呼吸阀设定压力: -295Pa-980Pa。国内某机场油库无组织 VOCs 总排放量为 109.1933t/y。

国内某机场油库煤油油气主要组分可参考表 1。

## 2 VOCs 相关治理技术

### 2.1 全接液式盘

全接液式盘具有一般浮盘不具备的优点, 比如具有施工简单、节能环保、高安全性、运行稳定等特点。全接液浮盘相对于甲板式、浮仓式以及浮筒式内浮顶, 在技术方面有了全面提升。该浮盘拥有紧密的构架, 强度较大的整体结构, 从而它的抗震性和施工简便性方面优势显著。全接液式浮盘的浮力单元呈现多元化, 使得油气空间这样的设计得以消除, 此设计应用非常广泛, 并获得了多国专利。<sup>[1]</sup>全接液浮盘稳定的结构设计, 使得其具有超过 API650 (H4.2.1.4) 要求的 7 倍以上的强度, 由于此托盘采用一体式设计, 避

免受到罐内储液的浸润。全接液浮盘具有较低的安装成本, 在安装过程中, 所有的部件均可通过人孔带入罐内, 降低了开顶的成本。全接液浮盘对于罐内汽油挥发起到了很好的隔绝作用, 根据设计, 方案所采用的全接液式盘可降低汽油挥发泄漏高达 70% 以上。密封系统采用刮板与囊式的二次紧密结合, 材质运用新型的 TPU 和 XPE 材料, 从而大大提高了该浮盘的寿命和密封性能。这便很好地阻绝罐中液体的有机挥发物 VOCs 的挥发, 减少了对环境的破坏。<sup>[2]</sup>

### 2.2 拱顶储罐改为内浮顶储罐

出于降低生产过程中成本的考虑, 把储运厂首站的 4 个拱顶罐改造为内浮顶储罐结构。将拱顶罐改造为内浮顶罐时, 一般选用的浮顶形式为装配式铝制内浮顶, 此浮顶形式相比于钢制内浮顶, 具有重量轻盈、零部件可预制加工成型、通过人孔将全部零部件送入罐内以及安装时不用动火的优点。内浮顶罐具有铝制内浮盘设计, 因此比拱顶储罐更能有效降低罐内储液的气化空间, 减少气相物料放空产生的损失。根据设计, 方案将拱顶储罐改为内浮顶储罐可降低汽油挥发泄漏高达 80% 以上, 可很好地降低有机挥发物 VOCs 的释放量, 从而拥有低环境污染性和低着火爆炸性等优点。<sup>[3]</sup>

表 1 国内某机场油库煤油油气主要组分

保留时间	化学名称	分子式	体积浓度%
12.222	异戊烷	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	1.035
12.518	戊烷	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	1.966
14.776	甲基戊烷	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	1.062
14.910	甲基环戊烷	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	1.554
15.118	正己烷	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	1.813
15.307	环己烷	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	0.973
16.941	二甲基环戊烷	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	1.974
17.203	甲基己烷	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	3.606

17.413	甲基环己烷	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	3.351
17.557	庚烷	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	4.058
18.379	苯	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	1.032
19.227	二甲基环己烷	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	3.472
19.403	甲基庚烷	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	5.364
19.712	辛烷	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	4.998
21.052	甲苯	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	7.770
21.818	壬烷	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	3.370
23.504	乙苯	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	4.047
23.948	邻二甲苯	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	7.335
24.309	正癸烷	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	1.249
24.577	对二甲苯	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	2.817
27.242	乙基甲苯	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	2.400
19.360	三甲苯	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	1.959

表2 油气回收技术对比表

处理技术	有机挥发物浓度 /ppm	去除效率 /%	使用温度 /°C	优势	缺点
冷凝法	> 5000	70~85	常温或低温	投资运行费用低、技术成熟	效率低, 设备庞大, 操作要求严格, 能耗及投资高, 且对储罐制造材料要求高
吸收法	500-15000	90-98	常温或低温	有较强的适用性	能耗较高且吸收容量有限设备占地空间大, 吸收剂消耗较多, 需不断补充
吸附法	700-10000	80-97	不超过 60°C	能耗低且有较高的去除效率	活性炭寿命较短且易产生二次污染, 流程比较复杂并且吸附床安全隐患较大
膜分离法	2000-50000	90-99	常温	过程简单	处理气量小、投资高, 膜寿命比较短, 操作要求高, 且易产生放电层, 有安全隐患

表3 储罐清单

储罐编号	罐型	容量 m <sup>3</sup>	直径 × 高度 m	介质	密度 t/m <sup>3</sup>	数量台	新浮盘形式	密封型式
MF0001	固定顶罐	20000	14.6 × 13.2	汽油	0.79	1	铝制全接液	浸液式弹性泡沫密封 (橡胶为丁青橡胶)
MF0003	固定顶罐	20000	13.6 × 12.2	汽油	0.78	1	铝制全接液	浸液式弹性泡沫密封 (橡胶为丁腈橡胶)
MF0007	固定顶罐	20000	10.6 × 12.1	汽油	0.80	1	铝制全接液	浸液式弹性泡沫密封 (橡胶为丁腈橡胶)
MF0008	固定顶罐	20000	13.5 × 11.8	汽油	0.79	1	铝制全接液	浸液式弹性泡沫密封 (橡胶为丁腈橡胶)

表4 储运厂罐区有机挥发物减排方法

方案	技术特点
储罐表面使用颜色较浅的涂层	储罐的小呼吸损耗量被涂层颜色影响较大。如果储罐外表面喷涂浅色涂层, 罐表面反射阳光的能力将增大, 对太阳热量吸收会减小, 从而实现有效地降低储罐储液的温度, 减少储罐内的储液转化为气态的量。其他条件保持不变, 储罐表面采用浅色涂料比储罐表面采用深色涂料, 每年的有机挥发物 VOCs 减少排放将近 40%
水喷淋系统	罐壁采用浅色涂层, 并不能完全避免储液对太阳辐射的吸收, 主要还要考虑来自外界环境的热辐射效应, 水喷淋系统在这种情况下就要被采用。该系统主要考虑水的比热容比较大, 储液汽化所释放的热量可以利用水来吸收, 从而降低储罐表面温度, 实现气温温差得以缩减
地下储罐	土壤的比热容相对于空气要大很多, 因此地下储罐具有升温、降温慢, 储液在地下温度日变化量比在地面上要小很多。相对前两种方法, 地下储罐能够将环境温度对储罐的影响降到最小
浮顶罐储存	罐内平均蒸气的空间高度直接影响储罐小呼吸排放有机挥发物的量。罐内储液液面随着原料的使用而逐渐降低。固定顶储罐会加速小呼吸的排放量, 这是因为罐内平均蒸气空间高度会随储液液面的降低而增大。但是如果采用浮顶储罐, 就会使得储罐内平均蒸气空间高度维持基本不变, 罐顶随液面的变化而变化, 从而降低小呼吸有机挥发物的排放
原料输送采用双管式	槽车有两条管, 其中一条用于向储罐输送物料, 而另一条则连接储罐顶部。其中大呼吸蒸发排放有机挥发物 VOCs 就是主要通过储罐顶部发生, 罐内有机挥发物通过与储罐顶部连通的管道挥发到槽车里面, 则会大大降低大呼吸损耗

### 2.3 氮封

其实氮封设计最主要的功能就是将储罐的密封性能提高。氮封阀的工作原理为,当罐内压力降低到比设定值还低时,会刺激氮封系统的信号阀,使氮封膜处的压力降低,从而打开氮封阀,由于压力差异的原因,会使得氮气进入到储罐内,直至罐内的压力重新达到设定值。此时信号阀会被关闭,氮封阀处的压力升高,从而使得氮封阀关闭。

在储罐中添加氮封系统,可以有效避免储罐吸收外界环境中的混合气体。罐内的氮气相对于内含的油品,具有很好的轻盈性,可以快速上浮到气相空间。当储罐呼气时,储液所散发出来的蒸汽首先被氮气置换,将氮气排出罐外;而当储罐吸气时,氮气也会首先填补进来,从而减少这段时间的蒸发耗损,降低储液油品氧化的可能性。通过上述氮气在储罐的“呼吸”过程中所起的作用,可以做到确保储液油品的优质性,从根本上降低了储罐呼出的有机挥发物 VOCs 的总量。<sup>[4]</sup>

### 2.4 油气回收技术

目前在储罐有机挥发物 VOCs 的治理方法中,应用最为广泛的是油气回收技术。此技术可减少储罐向环境排放有机挥发物、减少环境的安全隐患以及减少因储液挥发而导致的能源损失。<sup>[5]</sup>

油气回收技术主要用于控制油气挥发,回收油气资源,该技术设备一般安装在油库、炼油厂以及加油站等地方。目前在石油罐区使用油气回收装置处理有机挥发物 VOCs 的方式主要有四类,表 2 就是将四类单一油气回收技术的特点进行对比分析。

从表 2 可以看出,单一的油气回收技术都具有其局限的一面。目前,随着我国对有机挥发物 VOCs 排放的要求越来越高,现在的主流油气回收技术均采用两种或三种单一技术相组合的方式来对储罐油气进行回收。这种组合油气回收技术可以分为以下三种:吸收、膜分离与吸附法相结合的处理技术、冷凝与吸附法相结合的处理技术、吸附与吸收法相结合的处理技术。以上三种油气回收的组合技术,既可以发挥每种单一回收技术的优势,又可以弥补该技术的缺陷与不足。

## 3 储罐改造为全接液式盘方案介绍

### 3.1 概述

储罐改造方案是更换 4 座储罐的内浮盘形式为全接液式浮盘,密封形式改为浸液式弹性泡沫密封(橡胶为丁腈橡胶),储罐清单见表 3。

### 3.2 设备改造说明

本次改造将 4 台储罐中的固定顶罐全部更换为全

接液形式,清罐、刷罐后更换新的浮盘,新浮盘材质为铝制。所有储罐的密封形式均应满足 GB31570-2015 要求的高效密封形式,即浸液式弹性泡沫密封,橡胶采用丁腈橡胶。

用于密封的浸液式弹性泡沫胶布和胶料,其性能指标应满足 HG/T2809《浮顶油罐软密封装置橡胶密封带》的要求。对于弹性元件(泡沫塑料),应满足 GB/T10802-2006《通用软质聚醚型聚氨酯泡沫塑料》BP 类的要求。

### 4 减少罐区 VOCs 无组织排放的措施

对于罐区治理有机挥发物 VOCs,除了上述将储罐改造为全接液式浮盘这种治理方案外,还应在实际生产过程中实施一些其他措施,以确保进一步减少罐区有机挥发物的排放量。

储罐区储罐的有机挥发物 VOCs 的大量排放不仅对环境造成污染,而且也会严重地浪费资源。储运厂储罐大小呼吸的排放量与以下几类因素有关:储罐直径、储液物料性质(蒸汽压、分子量)、气候条件(气温差)、原料周转次数、罐内蒸汽空间平均高度、原料年输入量、罐体表面涂层吸热吸光能力等等。针对以上影响储运厂储罐大小呼吸的因素,把一些储运厂无法改变的条件如原料年输入量、原料种类等去除外,可以采取以下减排措施,如表 4 所示。

## 5 结论

文章在研究了多种对国内机场油库储运过程中排放的 VOCs 的治理技术,针对国内机场油库储运过程中 VOCs 的排放点的具体情况,就相关治理技术及其应用进行研究。对该企业储运罐有机挥发物 VOCs 的治理方案确定后,对 4 座固定顶罐的改造进行了介绍,并在本课题最后提出相应措施以减少储罐有机挥发物 VOCs 的无组织排放。

### 参考文献:

- [1] 王猛.石化装置储罐 VOCs 无组织排放治理对策[J].石油石化绿色低碳,2021,6(06):59-63.
- [2] 许培俊,张长杨,杜子龙,徐金文.浅谈汽油储罐 VOCs 治理措施[J].山东化工,2021,50(21):256-257.
- [3] 张彦新.油品储运过程中油气蒸发损耗的原因及降耗措施分析[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(06):38-39.
- [4] 王建伟,李悦.浅析油品蒸发损耗的原因及降低措施[J].云南化工,2018,45(10):160-161.
- [5] 黄维秋.油气回收技术的若干关键问题[J].油气储运,2017,36(06):606-616.