

# 油气回收方法在中国的发展趋势

张彦新 中国石化工程建设有限公司

摘要：目前中国的油气回收处理方法为冷凝、吸附及膜分离三种方法的组合。油气回收方法组合能够大幅度降低每种方法的弊端，通过组合发挥出各种方法的优势。通过三效方法组合的使用，基本消除了各种方法的弊端，完全发挥出了各种方法的优点。用户使用了三效方法组合的油气回收装置后，在能耗没有增加的基础上达到了非甲烷总烃排放 $91\text{ mg/m}^3$ 的指标，其中乙烯 $11\text{ mg/m}^3$ 、乙烷 $80\text{ mg/m}^3$ 。由各种技术的比较分析可知，膜技术油气回收是代表世界油气回收技术趋势的先进技术，与传统的回收技术相比，该技术具有较大环保、合理、易用等优越性，将逐步取代其他技术而成为该行业主导技术。

关键词：油气；油气回收方法；三效方法组合；膜技术

doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2013.1.007

北京市率先在2003年制定并颁布了《储油库油气排放控制和限值》等3个强制性地方标准，明确规定油气排放的浓度在标准状态下不应大于 $25\text{ g/m}^3$ （未经处理的油气浓度约在 $300\sim 1\,200\text{ g/m}^3$ 之间）；2007年8月国家颁布了《储油库大气污染物排放标准（GB20950-2007）》等3个强制性国家标准。随着2008年奥运会的召开，北京市所有的油库及加油站都进行了油气回收改造。上海市及广东省的8个城市均在2010年完成了油库及加油站的油气回收改造，其中中石化的油库大多数采用了吸附+吸收法，中石油及民营的油库大多数采用了冷凝、吸附+吸收、吸附+冷凝、膜分离+吸收、膜分离+冷凝等回收方法。

## 1 汽油蒸汽主要损失点

### 1.1 储油罐的大、小呼吸损耗

由于昼夜温差的变化，储油罐内混合气体体积在不断地变化，从呼吸阀中吸入或排出空气，这被称为小呼吸；而储油罐在发油时必须从呼吸阀吸入空气，在收油时必须从呼吸阀排出空气，这被称为大呼吸。

### 1.2 发油台的油气损耗

炼油厂、油库的发油台在向公路油槽车和铁路油槽车装油时，会从槽车加油口向外排放油气，由于气温和加油流量等不同，排放气中油气浓度含量约在 $10\%\sim 40\%$ 之间。这是我国目前油气挥发最大的损失点。

### 1.3 加油站的油气损耗

加油站的油气损耗主要是油罐的大呼吸损耗和车辆加油时的油气排放损耗。发达国家对这两个点

的油气排放一般采取密闭处理的方式，由汽车槽车将油气带回油库集中回收。我国也采取同样的工艺。

## 2 油气回收方法的比较

### 2.1 几种常用的油气回收方法

（1）吸收法。吸收法的原理是利用轻柴油、煤油系溶剂、特制有机溶剂等作为吸收剂，通过油气和吸收剂进行逆流接触，利用混合气体在溶液中溶解度的差异，从而将易溶解的组分和难溶解的组分分离开来。吸收剂进入真空解吸罐解吸，富集油气再用油品吸收。

（2）冷凝法。冷凝法的原理是用冷却油气的方法来降低挥发气的温度，使之凝聚为液体加以回收。根据挥发气的成分、回收率及有机化合物的含量来确定冷凝装置出口温度。冷凝法油气回收装置的冷凝工作温度范围为 $-35\sim -110$ ，浅冷（高温）级工作温度为 $-35\sim -70$ ，深冷（低温）级温度可达到 $-70\sim -110$ 。其中浅冷级能达到非甲烷总烃排放 $100\text{ g/m}^3$ 的指标，而深冷级能达到非甲烷总烃排放 $25\text{ g/m}^3$ 的指标。

（3）吸附法。吸附法回收油气的原理是选择吸附剂进行油蒸气和空气的分离。吸附技术的关键是吸附剂的选择。为了提高吸附剂的吸附效果和使用寿命，一般在吸附过程中适当辅以冷却，在解吸过程中适当加热，以利于深度解吸。目前推广的还有硅胶-活性炭吸附法，新日本石油株式会社研究出的硅胶-活性炭吸收法油气回收技术的基本工艺流程和活性炭吸附法相同，其安全性能好。一般而言，吸附法能达到非甲烷总烃排放 $120\text{ mg/m}^3$ 的



指标。

(4) 膜分离法。膜技术油气回收的基本原理是利用特殊的高分子膜对油气有选择透过性的特点,让油气与空气的混合气在一定的压差推动下,经选择性透过膜,使混合气中的油气优先透过膜得以富集回收,而空气则被选择性地截留。膜分离法能达到非甲烷总烃排放  $25 \text{ g/m}^3$  的指标,也能达到非甲烷总烃排放  $120 \text{ mg/m}^3$  的指标,但能耗较高。

## 2.2 几种油气回收方法的优缺点

几种油气回收方法的优缺点比较见表1。

表1 几种油气回收方法的比较

| 方法   | 优点                       | 缺点                                         |
|------|--------------------------|--------------------------------------------|
| 吸收法  |                          | 回收率低                                       |
| 冷凝法  | 直观地看到回收的油;原理简单;高温段冷凝效率最高 | 低温段产生结冰问题;低温段能耗较高                          |
| 吸附法  | 原理简单;低浓度油气时处理效率高;无结冰问题   | 无法直观地看到回收的油;高浓度油气时会带来吸附热及难解析等问题;存在水的吸附解析问题 |
| 膜分离法 | 各浓度段油气处理效率都较高;无结冰问题      | 无法直观地看到回收的油;静电问题;原理复杂;存在膜的使用寿命问题           |

## 2.3 国内油气回收技术发展趋势

目前我国的油气回收处理方法为冷凝、吸附及膜分离三种方法的组合。冷凝法能直接看到回收油且原理简单,但它的缺点是若制冷温度很低,有一定的技术壁垒;吸附法工艺相对简单,成为20世纪主流的油气回收方法,但活性炭的问题依然存在(吸收法通常作为吸附法中的解析步骤来使用);膜分离法效率高,是最新的技术,但分离膜的制备门槛相对很高。所以采用这三种方法的组合可以部分回避各种方法的缺点,集中发挥各种方法的优点,起到扬长避短的效果,达到事半功倍的效果。

在《储油库大气污染物排放标准(GB20950-2007)》中,要求油气排放的质量浓度不应大于  $25 \text{ g/m}^3$ 。此标准出台之前在《大气污染物综合排放标准(GB16297-1996)》中非甲烷总烃的排放指标是  $120 \text{ mg/m}^3$ ,但是该标准一直没有得到完全执行。随着国内环保意识的不断增强,国人对环保的要求越来越高,油气回收排放的标准将会进一步提高,对油气回收方法的选择又将是一次新的考验。

各种油气回收方法组合的优缺点比较见表2。

由各种方法组合的使用效果可以看出,油气回收方法组合能够大幅度降低每种方法的弊端,通过组合发挥出各种方法的优势。在一定时期内,各种油气回收方法的组合将是油气回收方法的大趋势。

三效方法组合的优缺点比较见表3。

表2 各种油气回收方法组合的比较

| 方法     | 优点                                                           | 缺点                       |
|--------|--------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 冷凝+吸附  | 可直观地看到回收的油;原理简单;高温段冷凝效率最高;基本无高浓度油气时带来的吸附热及难解析等问题;基本无水的吸附解析问题 | 低温段产生结冰问题;需要部分低温段冷凝,能耗较高 |
| 冷凝+膜分离 | 各浓度段油气处理效率都较高;无结冰问题;直观地看到回收的油;高温段冷凝效率最高                      | 存在静电问题;原理复杂              |
| 吸收+膜分离 | 各浓度段油气处理效率都较高;无结冰问题                                          | 无法直观的看到回收的油;存在静电问题;原理复杂  |

表3 三效方法组合的比较

| 方法        | 优点                                                            | 缺点                      |
|-----------|---------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 冷凝+膜分离+吸附 | 可直观地看到回收的油;无结冰问题;各浓度段油气处理效率都较高;无高浓度油气时带来的吸附热及难解析等问题;无水的吸附解析问题 | 存在静电问题;原理复杂             |
| 吸收+膜分离+吸附 | 无结冰问题;各浓度段油气处理效率都较高;无高浓度油气时带来的吸附热及难解析等问题;无水的吸附解析问题            | 无法直观地看到回收的油;存在静电问题;原理复杂 |

通过三效方法组合的使用,基本消除了各种方法的弊端,完全发挥出了各种方法的优点。用户使用了三效方法组合的油气回收装置后,在能耗没有增加的基础上达到了非甲烷总烃排放  $91 \text{ mg/m}^3$  的指标,其中乙烯  $11 \text{ mg/m}^3$ 、乙烷  $80 \text{ mg/m}^3$ 。

## 3 结语

从油气回收的几种基本技术特点进行分析,从中找出最佳的组合方法,并对各种方法的经济性进行简单比较。

由各种技术的比较分析可以看出,膜技术油气回收是代表世界油气回收技术趋势的先进技术,与传统的回收技术相比,该技术具有环保、合理、易用等优越性,将逐步取代其他技术而成为该行业主导技术。

通过国内外近几年的应用情况可以看出,膜技术与其他回收技术的组合使用具有安全可靠、操作维护简单、经济效益显著等优点,适合在国内推广应用。

[作者简介]张彦新:高级工程师,1989年毕业于抚顺石油学院(现辽宁石油大学)石油储运专业,现任中国石化工程建设有限公司储运专业高级工程师。(010) 84876526、zhangyanxin@sei.com.cn

(栏目主持 杨 军)

