

油气储运中油气回收技术的发展与应用探讨

贾艳祥 燕晓奎 杨会平 (广饶科力达石化科技有限公司, 山东 东营 257300)

摘要:近年来,随着全球工业化进程的加速,油气资源的大量消耗给环境带来了严重污染。为解决这一问题,油气回收技术应运而生并得到迅速发展。本文首先介绍了油气回收技术的背景和发展历程,然后阐述了其技术原理和分类,最后探讨了这种技术在油气储运环节中的具体应用,包括加油站、油库、炼油厂和船舶等领域。油气回收技术的应用不仅可以减少油气排放对环境的污染,而且能够回收利用这些宝贵的能源资源,具有重要的经济和社会意义。

关键词: 油气回收; 储运; 技术发展; 应用

随着社会经济的快速发展,全球对石油和天然气等传统能源的需求日益增长。但是,在油气的开采、加工、储存、运输等环节,会产生大量挥发性有机物的排放,这不仅带来严重的环境污染问题,也导致了大量宝贵油气资源的损失。为此,各国高度重视油气回收技术的研发与应用。

1 油气回收技术的背景与发展历程

随着全球工业化进程的加速,人类对石油、天然气等传统能源的依赖日益增加,这导致了油气资源的大量开采和消耗。然而在油气的生产、储存、运输等环节,由于采用的是传统的作业方式,不可避免地会造成油气的泄漏和挥发,产生大量含挥发性有机物的废气排放。这不仅极大地浪费了宝贵的油气资源,同时也严重污染了环境。面对日益严峻的资源和环境问题,世界各国开始致力于研发和应用油气回收技术。

油气回收技术的研究可以追溯到20世纪50年代,最初主要集中在减少油库、汽车加油站等场所的油气泄漏和排放。随着时间的推移,在环保意识逐步增强的推动下,油气回收技术得到持续改进和发展。进入20世纪80年代,随着计算机技术和自动化技术的应用,油气回收技术实现了重大突破,回收效率和设备自动化程度大幅提高。步入21世纪,各国对油气回收技术研发的投入进一步增加,并将其应用范围拓展到油田开采、海上石油平台、油轮运输等更多场景。现阶段,油气回收技术已经发展成熟,并成为油气工业实现资源高效利用和绿色发展的重要手段之一。展望未来,随着清洁能源的兴起和应用,油气回收技术的重要性将继续增强,并朝着智能化和专业化方向不断优化升级。

2 油气回收技术的原理与分类

2.1 原理

油气回收技术的核心工作原理是捕集、分离和回

收储运过程中产生的挥发性有机物(VOCs)。在油气的储存和运输等环节,不可避免会有一定量的油气发生挥发溢出到环境中。这部分挥发出来的油气成分主要是低沸点的轻质烃类,如甲烷、乙烷、丙烷等,统称为VOCs。这些VOCs的大量排放,不仅会对环境造成严重污染,也会造成宝贵油气资源的浪费。因此,利用油气回收技术在油气储运系统中设置收集管道,利用冷凝、膜分离等方法回收VOCs,既可以有效控制污染,又可以重新利用这些挥发气体,实现资源节约和综合利用。整个油气回收技术运作过程可以概括为三步:第一步,设置收集系统收集含VOCs废气;第二步,采用物理或化学分离技术分离净化VOCs;第三步,对提取后的VOCs进行回收存储和综合利用。该技术的应用不但减少了污染排放,也降低了油气储运中的资源浪费,对建设资源节约型和环境友好型的现代工业体系具有重要意义。

2.2 分类

2.2.1 吸附法

吸附法是油气回收技术中的一种重要方法,它利用固体吸附剂的物理吸附原理来捕集油气中的挥发性有机物(VOCs)。具体来说,将导向油气废气的管道中填充吸附剂,当废气通过时,VOCs分子会被吸附剂表面附着。吸附剂的选择需要考虑具有大的比表面积、孔隙率以及良好的选择性,常用的有活性炭、天然和合成沸石等。在吸附达到饱和后,可以通过减压、加热、吹扫等方式实现VOCs的脱附,使吸附剂实现再生。脱附下来的VOCs经过收集、精制后可以重新利用。吸附法具有操作简单、设备投资少、运行成本低的优点,主要适用于VOCs浓度较低而需要处理大气流量的场合,如油气生产的早期以及油库、加油站的油气回收。但吸附法也存在吸附剂活性下降、处理

能力有限等问题。因此，为提高吸附法的应用效果，目前的研究方向主要有：①开发高选择性和大吸附容量的吸附剂；②优化吸附剂的组分配比和载体结构；③研发高效的吸附—脱附循环过程。吸附法经过持续改进，在油气回收技术体系中仍然占有重要地位，具有广阔的应用前景。

2.2.2 吸收法

吸收法是油气回收技术中应用较广的一种方法。它利用液体吸收剂的物理溶解作用，将废气中的挥发性有机物（VOCs）吸收溶解，然后经过再生过程回收利用 VOCs。工作原理是当带有 VOCs 的废气通过吸收塔时，从上向下与吸收液以相反的方向在吸收塔内流动接触，VOCs 被吸收液选择性地吸收。常用的吸收液有矿物油、芳烃类和醇类等。吸收后，富集了 VOCs 的吸收液需要进一步再生，分离回收 VOCs。再生方法有蒸馏、提取、增温增压等。例如用蒸馏法可以分离出轻质 VOCs；用萃取法可以分离出螯合剂复合的 VOCs。再生后得的 VOCs 经精制即可重复使用；吸收液则被重新循环到吸收系统。相较于其他技术，吸收法操作简单，设备投资成本低，可处理气流量小但 VOCs 浓度较高的废气。然而，这种方法也存在吸收剂选择有限、处理效果与 VOCs 种类相关等问题。当前的研究热点集中在开发新型复合吸收剂、建立能量集成再生体系等方面，以提高其应用范围和经济效益。吸收法是油气回收技术中一种成熟和重要的处理方法，在高浓度 VOCs 的处理方面具有独特优势。

2.2.3 冷凝法

冷凝法是油气回收技术中的一种重要方法，它通过降低废气的温度，使里面的挥发性有机物（VOCs）发生凝结液化从而实现分离回收。其基本原理是 VOCs 组分的沸点较低，当废气温度降至低于 VOCs 的凝点时，VOCs 便会凝结成液体析出，然后可以用收集装置回收 VOCs 液体。常用的冷凝方式有直接接触冷凝、间接冷凝等。直接接触冷凝是将冷源直接和废气接触，冷源可以使用冷水、冰浆等。这种方式装置简单，但是冷却效果及 VOCs 回收率较低。间接冷凝则利用热交换器，在管壁上凝结 VOCs，这样可以获得更低的低温且不会堵塞，冷凝效果更好。但这种方式设备投资和运维成本较高，需要用机械冷冻系统提供持续的低温冷源。冷凝法主要应用于 VOCs 浓度较高的油气回收场合，它可以取得很高的回收效率。但

由于需消耗大量能量用于提供能源，运营成本较高。因此，当前的研究热点在于优化过程方案，开发高效节能的低温制冷技术，降低冷凝法的能耗。同时，也在探索与其他技术的联合应用，以发挥协同效应。总体上，冷凝法将继续在高浓度 VOCs 的治理中发挥重要作用。

2.2.4 膜分离法

膜分离法是近年来发展起来的一种新型油气回收技术，它通过使用复合材料制成的孔径在纳米量级的细孔膜，实现对含 VOCs 废气的高效分离。工作原理是当废气流经膜表面时，大分子和颗粒状物质无法通过细孔而被阻滞，而小分子的 VOCs 能够透过膜孔，实现与废气的有效分离。常用的膜材料有有机聚合物膜、无机陶瓷膜等。与传统方法相比，膜分离技术具有操作简单、自动化程度高、无二次污染等优点。而且可以工作在常温常压条件下，不需额外加热或降温，避免了大量的能量消耗。同时，膜分离系统体积小，便于大规模模块化生产和使用。但该方法的挑战在于膜易发生堵塞，寿命有限，维护成本较高。当前膜分离技术仍处于开发和完善阶段，关键是要开发高通量和高选择性的膜材料，延长膜的使用寿命。未来随着材料科学的进步，预计膜分离法将成为油气回收领域的一种高效和低碳的新兴技术。它的应用前景十分广阔，特别适合对治理效果和操作简便性要求较高的场合。

3 油气储运中油气回收技术的应用

3.1 加油站油气回收

加油站是汽车等交通工具进行加油的场所，也是油气分配的重要环节之一。在加油过程中，随着油箱的加注，油箱内部空气会被压缩并产生排放，这部分排放气体中含有一定量的油气蒸汽。如果直接排放到大气中，不仅会污染环境，还会造成油气资源的损失。因此，对加油站油气蒸汽的回收具有重要意义。目前，加油站油气回收技术已经得到广泛应用。通常的方法是在加油站中设置气密连接的回收系统，在汽车加油的同时对油气蒸汽进行收集。这套系统主要包括导管、回收装置、储存装置等。导管用于气密连接车辆油箱与回收装置；回收装置则采用各种油气回收技术（如吸附、冷凝等）处理汽油蒸汽；储存装置对回收的油气进行暂存，然后进行精制和纯化后再次使用。整个系统实现了加油站油气的有效利用，减少了油气浪费和环境污染。随着环保要

求提高,加油站油气回收技术也在不断优化升级。当前的研发重点包括提高回收效率、降低系统能耗、简化操作流程等。同时,也在探索与其他技术的耦合应用,以期获得更好的综合效果。可以预见,加油站油气回收技术还有很大的发展空间,将进一步改善加油环节的资源利用水平,为建设资源节约型、环境友好型的社会作出积极贡献。

3.2 油库油气回收

油库是石油等炼制油品的主要储存场所,在油品的储存和运输环节不可避免会发生一定量的油气挥发和泄漏。这部分挥发泄漏出的轻质烃类不仅会对周围环境产生污染,也会造成能源的损失。因此,对油库中的油气排放进行有效捕集回收,既可以减少污染,又可以提高资源利用效率,发挥重要的经济和生态效益。目前,各类高效的油气回收技术已经广泛应用于油库领域,形成了较为完善的回收利用体系。在油库的固定顶棚油罐,会在顶部安装风机和导管,收集罐内油品的挥发气体;在浮顶油罐,则利用浮顶与储罐内壁间的密封空间收集油气。收集后的油气经过管道导入到回收装置,采用吸附、吸收等技术予以处理,分离回收油品蒸汽。还有一些先进的油库会设置冷凝回收系统,使油气中的碳氢化合物液化并分离。除此之外,码头的装卸场所也会配置回收设备以防止油品泄漏挥发。经过持续的技术改进,油库油气回收系统的处理效率已可达到90%以上,回收后的油品可直接重新利用。这不仅大幅减少了油库对周边环境的影响,也使能源得到更高效地利用。

3.3 炼油厂油气回收

炼油厂是石油精炼加工的主要场所,在提炼汽油、柴油等石油制品的过程中会排放出大量的含油废气。这些废气中含有不同种类的挥发性有机物,例如烷烃、芳烃、烯烃等,如果直接排放至大气中会造成严重的空气污染。同时也会造成能源的浪费损失。因此,对炼油厂废气采用油气回收技术进行治理,既可以减少污染排放,又可以回收利用油气资源,实现绿色环保和资源高效利用。

目前,国内外主要的炼油企业普遍采用了油气回收技术和装置。常见的技术路线是先用电气集尘器等设备去除废气中的固体颗粒物与烟尘,再将预处理后的废气导入到油气回收系统。这套系统由吸收装置、烟气压缩机、冷凝器等组成,可以将废气中的不同组分有效分离,挥发性有机物经凝结、洗涤后回收成油

品或化工原料。整个过程实现了有害气体排放的净化和资源化。采用这些油气回收技术,炼油厂的VOCs处理效率可以达到90%以上,部分指标甚至高于国家最高排放标准。随着环境监管的日益严格,炼油厂油气回收技术还将持续升级改进,朝更高效、更智能的方向发展。这不仅有利于污染减排和节能降耗,也将提升炼油企业的经济和社会效益,推动石油工业实现绿色发展。

3.4 船舶油气回收

随着国际贸易和海上运输的快速发展,大量石油、化工产品等都依赖巨型油轮进行长途运输。但传统的船舶在航行过程中也会出现油品挥发泄漏情况,排放含油废气,不仅污染海洋环境,也造成资源浪费。因此,开发和应用船舶油气回收技术势在必行。目前,先进的油轮船上普遍配备了油气回收系统,主要包括油舱密封装置、废气管网、油气处理装置等。这套系统通过收集船舱、船舶机械舱里的含油废气,再采用吸附或吸收等技术进行处理,以回收挥发的轻质油品。有的大型油轮还设置了低温制冷系统,对废气冷凝处理,回收油品利用率更高。这类船舶油气回收系统运行效果显著,可以使挥发损耗控制在0.05%以下。目前,随着海洋环境保护意识的提升,各国已制定法规要求新建油轮安装油气回收设备。同时,也在继续优化改进系统的处理效率、自动化和智能化水平。

4 结束语

当前,油气回收技术已经得到广泛应用,并将进一步拓展至更多的储运场景,发挥更大的经济、社会和生态效益。相信随着相关技术和装备的不断完善,油气回收技术必将在建设资源节约型、环境友好型社会中发挥更大作用。

参考文献:

- [1] 刘晴,赵得强,李京等.油气储运中油气回收技术的发展与应用探讨[J].化工安全与环境,2023,36(11):56-58.
- [2] 王龙海.油气储运中油气回收技术的应用与优化[J].中国设备工程,2023,(17):239-241.
- [3] 张红叶,王宇航,董一瑾.油气储运中油气回收技术的应用与优化[J].石化技术,2022,29(08):189-190.
- [4] 刘昊阳.油气储运中油气回收技术的应用[J].化工设计通讯,2021,47(10):13-14+19.
- [5] 郑斌,王胜功,杨春等.油气储运中油气回收技术的应用与优化[J].石化技术,2021,28(07):65-66.