

储罐油气回收送焚烧炉工艺安全性分析

潘孝健(广州市万保职业安全事务有限公司, 海南 海口 570100)

摘要: 储罐油气回收送焚烧炉工艺是石化工业中常见的处理储罐排放尾气的方法, 然而, 其涉及到一系列复杂的气体处理和燃烧过程, 存在一定的安全风险。本文对储罐油气回收送焚烧炉工艺进行了一定论述, 在此基础上, 进一步分析了油气在管路系统和油气入炉焚烧中的安全性, 并结合储罐油气回收特点, 探讨了设备及运行安全性, 进而为油气回收的安全实施提供技术支持。

关键词: 储罐; 油气回收; 焚烧炉; 安全性

1 前言

储罐油气回收送焚烧炉工艺是石化行业中常见的一项关键工艺, 旨在有效控制和处理储罐中产生的有害油气排放, 以降低对环境和人员安全的潜在风险。然而, 储罐油气回收工艺本身涉及到高温高压、易燃易爆气体的处理, 需要对储罐油气回收送焚烧炉工艺安全性进行深入分析, 进而为油气回收的安全进行提供可靠保障。

2 储罐油气回收送焚烧炉工艺概述

2.1 储罐油气回收送焚烧炉工艺过程

储罐油气回收送焚烧炉工艺旨在有效收集和处理储罐中产生的油气废弃物, 以减少对环境的污染和降低火灾爆炸风险。该工艺的原则是将储罐顶部的油气排放通过管道系统进行收集和输送, 然后送入焚烧炉进行燃烧, 以彻底消除有害气体和有机物质。

首先, 在储罐区的每个储罐顶部都设置了油气回收支管, 这些支管用于收集储罐内产生的油气废弃物。每个支管靠近储罐底部都设置了截断阀、阻爆轰型阻火器、金属软管和气动切断阀组, 以确保安全地收集和传输油气。这些安全装置的存在有助于避免火灾和爆炸的发生, 特别是在油气管道系统中。其次, 储罐区的油气支管将收集到的废弃气体输送至油气管网总线。通过风机加压, 这些废弃气体被送入装置加热炉鼓风机的入口。在气体进入鼓风机之前, 通常会设置氮气反吹管线, 以确保管道内氧气含量的控制。一旦氧气含量低于一定水平, 就无法引发燃烧, 因此控制氧气含量至关重要, 以降低火灾和爆炸的风险。最终, 收集到的油气废弃物在加热炉内进行燃烧。这个过程是为了将有害气体和有机物质彻底分解和消除, 从而减少对环境的负面影响。焚烧过程需要严格的控制, 包括氧气含量、总烃含量以及温度等参数的监测和调整, 以确保安全性和高效性。

2.2 储罐油气回收气体的来源和组成

油气回收气体的主要来源是石油储罐, 包括原油、汽油、柴油、航煤、轻油、重油等不同类型的石油产品的储存罐。这些储罐在储存和输送过程中, 由于气温、液位变化或者油液运输等原因, 会产生气体废弃物。储罐内的气体通常包括挥发性有机化合物(VOCs)、烃类气体、氮气和可能的空气成分。

废弃气体的组成主要取决于储罐内存储的石油产品类型。例如, 汽油储罐会产生汽油蒸气, 而柴油储罐会产生柴油蒸气。这些气体通常包含碳氢化合物, 如烷烃、烯烃和芳香烃。其中, 一些化合物可能是易燃易爆的, 因此需要特别关注其安全处理。同时, 储罐油气回收气体中可能还包含氮气, 这主要源自储罐的氮气封存系统。氮气的存在旨在减少储罐内的氧气含量, 从而降低火灾和爆炸的风险^[1]。

3 油气在管路系统中的安全性分析

3.1 储罐油气回收气的成分与危险性

废弃气体通常包括挥发性有机化合物(VOCs), 如烷烃、烯烃和芳香烃。这些化合物具有易燃性和易挥发性, 因此在高温或高压条件下可能引发火灾或爆炸。其中一些化合物的爆炸极限可能会在空气中形成可燃混合物, 当浓度达到特定范围时, 可能会爆炸。因此, 必须密切控制氧气含量, 以避免这种情况的发生。

废弃气体中可能还包含氮气和少量的空气成分。氮气通常用于储罐的氮气封存系统, 其主要目的是减少氧气含量, 从而降低火灾和爆炸风险。然而, 如果氮气封存系统存在故障或操作不当, 可能会引入额外的氮气, 导致氧气含量过低, 甚至不足以支持正常燃烧。

3.2 油气回收管路系统中可能存在的风险

首先, 如果单个储罐或者多个储罐的油气管道未安装爆轰阻火器, 一旦任何一个储罐发生泄漏爆炸将会导致连锁反应。对性质差别较大、影响安全和产品

质量的，储存不同种类的储罐气相不经过安全论证而应直接连通，或者储罐顶油气连通管道系统未能保证从储罐至罐组收集总管、再至厂区收集总管的压力逐步降低，将会导致不同介质之间互串造成物料污染或者相互反应的风险。其次，设备设施可能存在泄漏的风险。储罐、阀门、管道和连接部件都可能受到机械损伤、腐蚀、焊缝裂纹或缺陷、外力破坏、施工缺陷等因素的影响，导致泄漏的发生。例如，储罐的焊接接头或阀门的密封垫片可能因老化或损坏而引发泄漏。最后，管道本身的老化和腐蚀也可能导致泄漏。长期运行的管道可能会受到内部腐蚀或外部侵蚀的影响，导致管壁变薄并最终发生泄漏。因此，对于罐顶油气连通与回收系统应开展 HAZOP 分析，采用安全仪表系统的应开展 SIL 评估，对于多个化学品储罐尾气联通回收系统，必须经安全论证合格后方可投用^[2]。

3.3 氧气含量对安全性的影响与控制

在管路系统中，氧气是一种氧化剂，它与可燃物质（有机烃类化合物）混合后，可能引发燃烧或爆炸。因此，管路系统中的氧气含量必须在安全范围内加以控制。

首先，低氧气含量是防止燃烧和爆炸的重要手段。燃烧需要一定浓度的氧气，低氧气含量可以防止可燃物质的燃烧。这就是为什么管路系统中的氧气含量应该控制在较低的水平，以确保不会发生火灾或爆炸事件。其次，管路系统中的氧气含量还与气体混合物的爆炸极限相关。每种可燃物质都有其特定的爆炸极限范围，即最低浓度和最高浓度，在这个范围内可燃物质可以与氧气形成可燃的混合物。因此，必须确保氧气含量严格控制在工艺指标内，通常应低于安全限制值。

为了控制氧气含量，管路系统通常采用自动控制和联锁系统。这些系统可以监测氧气含量，并根据需要自动调节气体混合比例，以保持安全范围内。此外，也会配备氧气检测仪器，以及紧急关断装置，一旦氧气含量超出安全范围，系统可以自动切断气体供应，确保安全。

4 油气入炉焚烧的安全性分析

4.1 油气与空气混合形成混合气的情况

通常情况下，油气从储罐或管路中被收集和加压后，进入焚烧炉的燃烧室。在燃烧室内，油气通过喷嘴或喷雾装置喷射到燃烧器中，同时引入一定量的空气。这时，油气与空气混合在一起，并形成混合气体。混合气体的成分和比例对于燃烧的效率 and 安全性至关

重要。

混合气的形成必须在适当的条件下进行，以确保燃烧反应的稳定性和完全性。混合气中油气的浓度、空气的供应量以及喷嘴的设计都会影响混合气的性质。如果油气浓度过高或者空气供应不足，可能导致不完全燃烧，产生有害物质和废气排放。反之，如果油气浓度太低或者空气供应过多，可能导致燃烧不稳定，甚至燃烧不全。因此，混合气的形成必须在炉燃烧系统中经过精确的控制和调节。通常，系统会配备传感器和自动控制装置，以监测和调整油气和空气的混合比例，以确保在安全范围内实现完全燃烧，同时最大程度地减少废气排放和环境污染^[3]。

4.2 混合气体中的总烃含量与其危险性

总烃含量指的是混合气中可燃气体（通常是有机烃类物质）的浓度，这些可燃气体在与氧气混合后可以支持燃烧。当混合气中的总烃含量超过一定限制时，可能会导致燃烧反应不仅迅速发生，而且非常激烈，形成火焰或爆炸。因此，必须确保混合气中总烃含量在安全范围内。混合气中的总烃含量通常以体积分数或百分比表示，其上限和下限取决于混合气体的成分和特性。不同的有机烃类物质具有不同的爆炸极限，即最低和最高可燃浓度范围。例如，汽油的爆炸极限通常在 1.4% 到 7.4% 之间，而柴油的爆炸极限范围可能在 0.7% 到 5.0% 之间。因此，必须确保混合气中总烃含量低于最低爆炸极限，以防止火灾或爆炸事件的发生。

为了控制混合气中的总烃含量，焚烧系统通常配备有自动控制装置，它可以监测混合气的成分，并根据需要自动调整油气的喷射速率。这样可以确保总烃含量始终在安全范围内，并在不同运行条件下进行调整以满足要求。此外，也需要定期检查和维护焚烧系统，以确保其正常运行和安全性。

4.3 油气入炉后的燃烧过程与可能的风险

在炉内，油气回收气体与空气混合并被点燃，形成火焰进行燃烧。然而，燃烧过程中仍存在一些潜在的风险需要考虑。

首先，需要确保燃烧过程能够稳定进行，以防止火焰失稳或熄灭。失稳的火焰可能导致火焰回流、火焰爆炸或不完全燃烧，这都会增加火灾和爆炸的风险。为了防止这种情况发生，通常采用适当的燃烧控制系统，监测和调节炉内气体混合比例、温度和压力，以确保稳定的燃烧。其次，在燃烧过程中需要考虑火焰

温度。过高的火焰温度可能导致设备和管道的热应力增加,甚至可能引发设备损坏或泄漏。因此,必须确保燃烧过程中的温度控制在合适的范围内,以保护设备的完整性和安全性。最后,需要密切关注燃烧产物,特别是废气中可能残留的有害物质。燃烧过程中可能生成一些有害的副产物,如一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等,这就需要经过适当的废气处理系统,以确保排放符合环保法规和标准,减少对环境的污染^[4]。

5 设备设施及运行安全性分析

5.1 设备设施的选择与材料要求

首先,设备设施的选择需要考虑到其能够承受高温、高压和腐蚀等恶劣工作环境的能力。通常情况下,使用高质量的不锈钢、合金钢或其他耐腐蚀材料制造的设备在这种工艺中得到广泛应用,因为它们具有较高的耐腐蚀性和耐高温性,可以有效地减少设备的损耗和维护成本。其次,选择设备时需要考虑其适用于油气回收送焚烧炉工艺的特殊要求。例如,焚烧炉需要具备高效的燃烧和热传导性能,因此需要选择能够提供高温和高热量传递效率的设备。同时,设备的结构和设计也需要考虑到操作的安全性,包括避免泄漏和火灾的风险。最后,材料要求方面,设备和管道的材料必须符合国家标准和行业规范,以确保其质量和安全性。材料的选用应基于工艺要求、工作条件和介质的性质来确定,以防止腐蚀、渗漏和设备损坏等问题的发生。

5.2 设备设施可能存在的缺陷和故障

在储罐油气回收送焚烧炉工艺中,设备设施可能存在各种潜在的缺陷和故障,这些问题可能会对安全性和工艺运行产生不良影响。其中一些主要的缺陷和故障包括设备腐蚀、机械损伤、焊缝裂纹、外力破坏、施工缺陷等。

设备腐蚀是一个常见的问题,特别是在高温和腐蚀性介质的作用下,设备表面可能会受到腐蚀,导致材料损失和设备结构弱化。机械损伤可能由于操作不当、碰撞或振动等原因引起,这可能会导致设备的失效。焊缝裂纹和施工缺陷可能在设备制造和安装过程中产生,如果不及时发现和修复,可能导致设备的泄漏或破裂。外力破坏可能由于恶劣气象条件、意外事故或操作错误引起,这可能对设备的完整性和安全性构成威胁。

为了降低设备设施可能存在的缺陷和故障的风险,必须实施定期的检查和维护程序,以及遵循相关

的安全操作规程。同时,应该使用高质量的材料和制造工艺来制造设备,以提高其耐用性和可靠性。对于已经发生的缺陷和故障,必须及时采取修复措施,以防止其进一步扩大或危害到设备运行的安全性^[5]。

5.3 设备安全管理措施

首先,自动控制系统在工艺运行中起着至关重要的作用。它们可以监测关键参数,如温度、压力、流量等,并根据需要自动调整操作以保持工艺在安全范围内运行。自动控制系统可以快速响应异常情况,防止潜在的危险事件发生,提高了工艺的可控性和稳定性。其次,联锁系统是一种重要的安全措施,用于确保设备在特定条件下运行,避免不安全的操作。例如,如果氧气含量超过安全限制,联锁系统可以自动关闭相关设备,以防止火灾或爆炸的发生。联锁系统还可以防止不同设备之间的冲突操作,确保整个工艺链条的协调运行。最后,维护要求是确保设备设施长期安全运行的关键因素。定期的维护和检修可以发现并修复设备的潜在问题,减少意外故障的发生。维护要求还包括培训操作人员,使他们了解安全规程和应急措施,以及确保设备设施的运行符合标准和法规。

6 结语

综合而言,储罐油气回收送焚烧炉工艺在环保和安全领域发挥着重要作用,但也伴随着不小的风险。通过全面的安全性分析和采取有效的安全管理措施,可以最大程度地降低这些风险,确保工艺的安全运行。石化行业必须始终将安全放在首要位置,不断改进和优化工艺,以应对不断变化的环境和法规要求,为可持续发展和环境保护作出贡献。

参考文献:

- [1] 林庆园. 油品储罐区油气回收技术的创新及工业化应用 [J]. 化工管理, 2023, (17): 71-73.
- [2] 邹聪文. 三苯类储罐油气回收治理设计 [J]. 广东化工, 2021, 48(13): 170-172.
- [3] 罗伟强, 郑海林, 韩文华, 等. 储罐油气回收热力焚烧技术评析 [J]. 石油化工技术与经济, 2021, 37(01): 35-38.
- [4] 周建军. 储罐油气回收送焚烧炉工艺探讨 [J]. 化工管理, 2020, (10): 217-218.
- [5] 牛继光, 刘荣博, 杨晓东, 等. 储罐油气回收技术的创新及工业化应用 [J]. 清洗世界, 2020, 36(02): 8-10.

作者简介:

潘孝健 (1987-), 男, 汉族, 海南文昌人, 学历: 本科, 现有职称: 中级工程师, 研究方向: 安全工程。