

成品油储油罐清洗方法观察与油泥处理技术研究

陈穗丰（东莞市穗安清洗防腐工程有限公司，广东 东莞 523050）

摘要：本文深入探讨了成品油储油罐的清洗方法和油泥处理技术。首先，笔者对储油罐的结构和成品油的特性进行了详细的描述。其次，分析了储油罐的几种常见清洗方法，包括手动清洗、机械化清洗以及一些新兴的清洗技术。最后，笔者对目前的油泥处理技术进行深入的研究，并探讨了一些前沿的处理技术。

关键词：成品油储油罐；清洗方法；技术实施

0 引言

成品油储油罐是石油储存和运输过程中的重要设备，对其进行定期和有效的清洗是保证油品质量和延长设备使用寿命的重要环节。然而，储油罐清洗过程中产生的油泥是一种复杂的危险废弃物，含有大量有害物质，如果处理不当，将对环境造成严重影响。因此，探讨和发展有效的油泥处理技术是当前环境保护和资源回收的重要课题。

1 储油罐的结构和成品油的特性

1.1 储油罐的结构概述

储油罐是专门用于储存石油及其制品的设备，其在石油化工行业中扮演着至关重要的角色。储油罐根据设计和使用需求，具有多种结构形式。一般而言，储油罐可分为垂直圆筒形、卧式圆筒形、球形等主要结构类型。每种结构都有其特点，适用于不同的使用环境和需求。

大多数储油罐由壳体和浮顶组成，有外浮顶罐和内浮顶罐两种。壳体为罐体提供主要的结构支撑，可以防止油品的外泄。浮顶可以随着罐内油品水平的升降自动调整位置，有效降低油气的挥发和外界空气的侵入。此外，储油罐还配有各种配件，如人孔、检测口、测量孔、呼吸口等，以满足日常运营和维护需求。

1.2 成品油的特性

成品油是指经过精炼处理的石油产品，如汽油、柴油、煤油等。其各自具有不同的物理和化学特性，例如不同的粘度、比重、沸点、闪点、溶解性等。一般来说，成品油的粘度低，流动性好。此外，成品油具有较高的挥发性，易于产生油气，这些油气中的有机化合物可能对人体和环境产生影响，因此需要特殊的储存和处理设备，如上述的储油罐。

2 储油罐清洗的常见方法与技术

2.1 人工清洗方法

人工清洗是最传统的储油罐清洗方法，这种方法

主要依赖人力对储油罐进行内部清洗。在实施过程中，清洗人员需要穿戴防护装备进入储油罐内部，使用刷子、铲子等防爆工具去除罐壁上的油垢和沉积物。人工清洗虽然劳动密集，但它可以针对不规则的罐体内壁和顽固的油泥进行有效清理。在人工清洗过程中，需要保证作业人员的安全，避免在封闭、含有有毒有害气体的环境中长时间作业。同时，还需要采取必要的防爆和防火措施，防止可能出现的火灾或者爆炸事故。

2.2 机械化清洗方法

为了提高效率，降低劳动强度，机械化清洗方法已被广泛应用。这类方法主要利用各种设备进行清洗，例如高压水射流清洗、机械清扫机、吸油泥设备等。

高压水射流清洗是一种非常有效的机械化清洗方法。高压水枪可以产生强大的动能，对储油罐内部进行全方位的清洗，有效去除顽固的油垢和沉积物。机械清扫机则是用来清除罐底油泥，通过机械装置的旋转，使罐底油泥分散在清洗液中，以便后续处理。在使用机械化清洗方法时，需要考虑噪音、振动和设备的耐用性等因素。此外，也要做好环保措施，比如处理产生的废水和固体废弃物，以减少对环境的影响。

2.3 其他新兴清洗技术

随着科技的发展，一些新兴的清洗技术也被逐渐引入到储油罐清洗中。比如，采用超声波清洗、蒸汽清洗和微生物清洗等技术。

2.3.1 超声波清洗

在超声波清洗中，首先需要选择适当的频率，然后将清洗液注入罐内，清洗液应覆盖所有需要清洗的部分。随后，超声波清洗设备会产生高频振动，通过清洗液对罐壁进行冲击，产生空化效应，从而去除油垢和沉积物。此过程一般需要持续 30min-1h，具体时间视清洗难易程度而定。这种方法需要注意的是，超声波清洗设备需要有良好的耐腐蚀性，以避免在清洗

过程中受到损坏。

2.3.2 蒸汽清洗

在蒸汽清洗过程中,需要将高温(一般在150–200℃)的蒸汽注入罐内,蒸汽的高温和高湿度可以使罐内的油泥软化和融化,一般来说,这个过程需要持续2–3h。然后,清洗人员或清洗设备将软化后的油泥去除。高温蒸汽还有杀灭微生物的作用,可以降低罐内的微生物数量。

2.3.3 微生物清洗

微生物清洗需要向储油罐内添加一定量的能降解石油的微生物,一般来说,每立方米的油泥需要添加1亿到10亿的菌体数量。然后,这些微生物会在一定的温度和湿度条件下,通过其生物活性降解油泥。此过程通常需要几天到几周的时间。微生物清洗对环境友好,但需要注意的是,必须避免微生物的过度增长,以防止对罐体的腐蚀或造成其他问题。

3 油泥的形成与影响

3.1 油泥的形成过程

油泥主要是由于原油在储存过程中所发生的自然沉淀,以及机械杂质、生物活动等多种因素造成的。初级油泥主要由未完全消除的水分、矿物质、机械杂质、微生物及其代谢产物和石油成分形成。这些物质随着时间的推移逐渐聚集在储油罐的底部形成油泥。

3.2 油泥对储油罐和成品油的影响

油泥会严重影响储油罐的使用效率和油品的质量。首先,积累在储油罐底部的油泥会降低储油罐的有效储存量,同时在提取过程中可能会将油泥一并吸入,导致油品质量下降。此外,储油罐底部的油泥还可能对罐体的防腐层和金属材料产生腐蚀,这种情况会随着时间的流逝逐步降低储油罐的使用寿命。

3.3 油泥的环境问题

油泥对环境的潜在危害性不容忽视。其属于一种危险废弃物,含有大量有害物质,包括但不限于重金属、硫化物、有机砷和多环芳烃等。这些物质若未经适当处理而进入环境,可能会对土壤、地下水和生态系统产生深远的负面影响。在我国,随着环保法规和标准的不断完善,油泥的环境管理也越来越受到重视。我国环保法律法规要求,所有产生油泥的企业必须对其进行安全、有效的处理,严禁任何非法排放。例如《固体废物污染环境防治法》和《危险废物管理条例》等都对油泥的处理、储存、运输和处置提出了严格的要求。在实际操作中,企业需要制定出全面的油泥管理计划,包括油泥的定期清理、分类存储、安全运输

和合规处置等环节。企业还需要持续监测油泥的环境影响,及时发现并解决可能的环境问题。

4 油泥处理技术的研究

4.1 现有的油泥处理技术

4.1.1 物理方法

物理方法主要是通过机械或热力等物理手段对油泥进行处理。如沉降分离法,它是通过将油泥放置一段时间,利用重力使油泥中的固体与液体分离。还有热脱附法,它是将油泥加热到一定温度,使其中的石油成分挥发并分离出来。

4.1.2 化学方法

化学方法是通过添加化学试剂,如酸、碱、氧化剂等,使油泥中的有害物质发生化学反应,变成易处理的物质。例如,使用浓硫酸处理油泥,可以将其中的有机物氧化为无害的二氧化碳和水,同时将重金属离子转化为不溶性的硫酸盐沉淀下来。

4.1.3 生物方法

生物方法主要是利用微生物的降解能力处理油泥。通过接种可降解石油的微生物,如假单胞菌、芽孢杆菌等,使其在一定的条件下将油泥中的石油成分降解为无害的物质。例如,在我国,已经有研究人员利用土壤中的自然菌群成功地对油泥进行了生物降解处理。我国的油泥处理技术已经取得了显著的进步,但由于油泥的复杂性,现有的处理技术仍面临许多挑战。例如,油泥处理过程中产生的废液、废气和残渣如何安全处理,如何提高处理效率和降低处理成本,都是需要进一步研究的问题。同时,未来的研究也应该更加注重生态和环保的理念,努力探索更加环保、高效的油泥处理技术^[1]。

4.2 油泥回收和再利用技术

4.2.1 油泥再制油技术

在油泥再制油技术中,常见的是催化裂解法。首先,将油泥加热到约500℃的高温,使其在无氧环境下热解。其次,将热解生成的油气和固体渣滓分离。分离出的油气在催化剂的作用下,进一步裂解成更小分子的烃类。最后,再经过冷凝、分离和提炼等步骤,得到可用的石油产品。这种技术可以将油泥中约90%的有机物质转化为石油和天然气。

4.2.2 油泥制砖技术

在油泥制砖的过程中,首先需要根据成品砖的要求,将油泥与矿渣、废石等原料按一定比例混合,一般矿渣和废石的比例占60%,油泥占40%。添加适量的黏土作为黏结剂,黏土的添加量约为混合物总量的

10%。通过挤压成型机,使混合物形成预定的砖坯形状,例如标准砖形。其次,需将成型的砖坯放入窑炉进行烧制,在烧制过程中,控制窑炉温度在 900–1100℃,并保持这个温度烧制 4–6h。此时,油泥中的有害物质如有机化合物和重金属在高温下得到分解或稳定,无害化处理,实现了对油泥的资源化利用^[2]。

4.2.3 油泥用作土壤改良剂

油泥用作土壤改良剂过程中,首先需要将油泥在 500℃ 以上的高温下进行焚烧处理。此处理过程大约需要 2h,可以有效地将油泥中 90% 以上的有机污染物分解去除,同时也能使油泥中的重金属等有害物质稳定。其次,将处理后的油泥与农田土壤按 1:10 的比例混合,这个比例可以根据具体的土壤状况和作物需求进行调整,混合后的土壤需要在自然条件下进行长期分解,一般需要 2–3 个月的时间,这样可以使油泥中的有机物质和无机盐等物质充分分解,有效地改善土壤的理化性质,提高土壤的肥力。

4.3 前沿的油泥处理技术研究

4.3.1 超临界流体萃取技术

超临界流体萃取技术是近年来研究较多的高效分离技术之一,该技术主要利用在一定温度和压力下具有液体般的密度和气体般的粘度及扩散系数的超临界流体作为萃取剂,对目标化合物进行萃取和分离。超临界 CO₂ 具有溶解力强、选择性好、温度条件低等优点,特别适用于高分子有机物质的萃取^[3]。在超临界 CO₂ 萃取油泥过程中,首先将油泥填充至萃取罐中,然后通过压力泵向萃取罐中注入 CO₂。当系统压力达到超临界压力,并控制温度在超临界温度以上时,CO₂ 进入超临界状态。此时,CO₂ 对油泥中的有机物具有很强的溶解力,可以将其迅速萃取出来。通过控制萃取时间、温度和压力,可以有效地调控萃取效果。萃取结束后,降低系统压力,使超临界 CO₂ 脱离油泥,并将萃取出的有机物带出。然后,通过冷凝、分离,可以得到纯净的石油成分^[4]。在具体操作中,可以通过改变萃取参数(例如 CO₂ 的流量、温度、压力和萃取时间)来优化萃取效果,获得最好的萃取效果,油泥中的石油成分的回收率可达 90% 以上^[5]。该技术的合理运用既可以有效地回收油泥中的石油成分,又可以实现对油泥的环保处理。然而,由于设备投资和运行成本较高,目前主要应用于小规模的研究,尚未在大规模的工业生产中广泛应用。

4.3.2 热解技术

热解技术是一种在无氧或低氧环境下,利用高温

将有机物质分解为气体、液体和固体三种有用产品的技术。在油泥处理中,热解技术可以有效地将油泥中的石油成分回收,同时也可以将有害物质无害化。在热解过程中,首先将油泥在 200–500℃ 的环境中预热脱水,然后在 500–800℃ 的热解反应器中进行热解反应。在这个过程中,油泥中的有机物质被分解为气体、油脂和炭黑等产品。其次,需通过冷凝和分离设备,可以分别收集热解气、热解油和热解炭。

以中国石油化工集团有限公司在江苏扬州的项目为例,该项目团队使用了一种名为“固体废弃物热解气化技术”的热解技术处理油泥。在此项目中,油泥通过预处理后被送入热解气化炉中,在 800–1000℃ 的高温环境下进行热解反应,热解后的产品包括热解气、热解油和热解炭。热解气主要包括氢、甲烷、乙烷等,可以作为工业燃料使用;热解油主要包括石蜡、沥青、芳香烃等,可以回炼成工业原油;热解炭则可以作为燃料或者生产活性炭等。在该项目中,根据统计数据,每处理 1t 油泥,可以生产出约 0.2t 的热解气,0.4t 的热解油,0.4t 的热解炭。这既实现了油泥的资源化利用,也解决了环境污染问题。

5 结束语

本文系统地研究了成品油储油罐的清洗方法和油泥处理技术,对于理解储油罐清洗过程中的关键问题和挑战具有重要价值。笔者相信,随着科学技术的进步和环保意识的提高,更多高效、环保、经济的储油罐清洗和油泥处理技术将会出现,为我国解决储油罐清洗过程中的环境问题提供新的解决方案。

参考文献:

- [1] 孙媛媛,魏康宁,刘炜.成品油储罐调和搅拌系统改进分析[J].石油石化绿色低碳,2022,7(5):50-53.
- [2] 石昕.成品油储罐挥发性有机物排放量评估研究[J].山东化工,2022,51(9):218-219.
- [3] 赵建华,廖柯熹,贾彦杰,等.立式成品油储罐底板缺陷的声发射检测[J].无损检测,2022,44(5):60-63,70.
- [4] 吴敬轩.大型成品油储罐倒装施工技术分析[J].全面腐蚀控制,2022,36(8):47-48.
- [5] 王永奎,范玮,赵存华.成品油管道储运损耗影响因素分析研究[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(21):40-42.

作者简介:

陈穗丰(1977-),男,工程师,主要从事石油化工设备清洗维护相关工作。