

石油储罐机械清洗及罐底油泥减量处理技术分析

谢卫华（山东雁翔机电工程有限公司，山东 淄博 255400）

摘要：本文将围绕石油储罐机械清洗及罐底油泥减量处理技术的应用路径开展分析，阐述石油罐底油泥的主要特性与危害，并提出以真空抽吸为依托，搭配喷射清洗手段，确保油泥的有效减量，保证相关技术人员结合油泥特性，选取适合的工艺技术以及装置，并不断优化调整。同时，还要做好作业流程的风险防控，促进罐清洗技术智能化发展。

关键词：油泥减量；喷射清洗；石油储罐

0 引言

油泥是指油品在特定条件下，氧化生成不溶于 C_7H 的聚集物质、石油在采集、炼制环节难以避免会产生大量油泥，此类物质容易在罐底逐渐堆积成黏稠的胶状物质层，并伴有少量有毒物质，无法直接排放。若任由其流失，容易导致油泥内近50%~60%干重的石油组分被浪费。因此，如何实现油泥的清洁处理，一直以来，都是石油企业的重要研究课题。

1 石油罐底油泥危害

石油罐底油泥若得不到及时清理，必然会影响油品质量，也会压缩储罐的有效存储溶剂，甚至会加速罐底腐蚀，减少材料的使用寿命。根据实际调查显示，油泥混合物的组分较为复杂，包括烃类、沥青质，且具有一定毒性，若采取直接排放的形式，会对土壤、空气造成严重污染。并且油泥本身携带大量病原菌，重金属盐类占比较高，苯系物、二恶英等有害物质也难以有效降解，若清洗效果达不到预期标准，同样会加速设备的破损。

2 石油储罐机械清洗及罐底油泥减量处理技术的实现路径

为解决上述危害，我国石油行业更多采用机械清洗的处理方式，是指预先对油罐进行排空处理，去除油罐内残留的石油类液体，之后进行通风作业，排出油气。通过高压水枪或者吸尘车，清洗油罐内部，冲刷、吸出内部污垢。至于清洗后产生的废水，可采用集中处理的形式，结合加药法、过滤法，确保废水水质达标后，统一排放。

2.1 技术原理

机械清洗的工艺流程主要表现为：抽尽罐内残留油液、充入惰性气体、实现同种油的清洗、进行温水循环、清理罐内残渣。在进行储罐机械清洗时，需要在确认底油被彻底抽尽后，采用加温、加压的形式，

保证清洗液能够通过高压水枪，喷射在储罐底部，实现残留黏稠原油的溶解。再将清洗回收后的介质，凭借三相分离设备进行处理，该装置的原理在于，油气水进入预脱气室，依靠旋流分离以及重力作用，脱出原油伴生气。而预脱气后的油水混合物经导流管后，会进入分配器以及水洗室，在含有破乳剂的活性水层实现洗涤破乳。并在稳流后，便可达到降低雷诺系数的目的，直至二次聚结整流后，进入沉降分离室，完成沉降分离。最后，通过温水，或采用蒸汽清洗的方式，反复处理储罐各个区域，直至清洗效果满足预期标准。

2.2 资源化处理

根据笔者研究发现，现阶段，国内外采油的最成熟的油泥处理方法主要分为以下几种：

萃取法，以物理萃取法为例，油在部分溶剂内的溶解度高于在水中的溶解度，所以当溶剂与含油废水接触后，油污会自动向溶剂内转移。该方法的优势在于除油效率高、可实现油回收，不会产生浮渣二次污染物，通过搭配碱液等有机物，保证溶剂的二次利用；离心分离法，该工艺主要借助高速旋转设备产生的强大离心力，能够在短时间内将油污泥中，不同密度的物相分离出来，比如水、固体颗粒物。在预处理环节需要注意，适当添加调质剂，来降低油污泥黏度，通过增加离心速率，调节离心强度，切实达到三相分离的目的；干燥燃烧法，是指通过对含油废液进行高温燃烧，生成二氧化碳与水，用以消除废弃内的有害物质，但对于环境的污染较为严重；生物处理，是指将多种有益菌与多种酶组合而成的生物活性制剂，添加在油泥当中，维持6~8个小时后，再使新的废弃物流入分离设备；高温处理，是指通过加热使热油变稀，通过气流或水流冲刷，达到去油的目的。并且高温环境也容易分解油污内的有机物，提高油污的流动性，

提高清洗效率；调质处理，是指淬火+高温回火的双重热处理方法。

上述方法的优势虽然突出，但也均存在处理费用较为高昂，排放达标难度较高的问题。若想更有效实现污泥减量，应采用更为广泛的资源化处理技术，比如：调质机械分离，是指一种适用于含油量较高的污泥净化工艺，在处理时需要通过污泥处理系统，依次进行浓缩、调质与脱水作业，结合带式过滤机与板框压滤机。之后借助卧式螺旋卸料沉降离心设备，实现分离工作；油泥焚烧，在焚烧后形成的灰渣可用于修路或填埋，但该工艺对外部环境的要求较高，需要经过一定周期沉降和搅拌后，进行分层切水，将污泥制作为泥饼，传输至焚烧炉焚烧，并控制好焚烧周期。虽然该技术的适应性较强，但前期投资成本过高，焚烧时还需要加入一定量的助燃燃料，也会在焚烧过程生成一氧化碳污染物，如何实现二次污染物的处理，一直以来都是焚烧技术的研究重点；超声联用处理，该技术是指对超声波的空化作用加以利用，在特定环境下会产生强大射流，实现固体颗粒的分离，达到处理油颗粒的目的。为了提高油泥处理效果，可与热化学清洗手段联合使用，最大程度缩短油泥处理周期；低温热解，该技术对外部环境要求较高，需要在无氧微正压的环境下操作，能够对油泥内的能源物质实现回收再利用。

2.3 以真空抽吸、喷射清洗为依托，罐底油泥减量处理技术的应用方法

2.3.1 技术原理

经过上述分析可以发现，罐底污泥减量方法众多，不同技术手段具有不同的优点、劣势。基于此，笔者将提出以真空抽吸技术为依托，搭配喷射清洗的油泥减量方法，其具体流程主要表现为：由操作人员通过真空抽吸设备实现油泥的抽取，之后将其通入到油泥水分离设备当中，在加入回掺水后，依次实现分离、调质以及预热分离；进入热交换设备，采取离心处理系统，实现油泥的深度处理，将剩余物质再次通入油水分离设备，将净化油外输。该机械清洗手段目前已在华北、泉州等地区得以广泛应用。其中真空抽吸本质上是一种输送液体的方法，是在输液系统内，将其中一个容器封闭，待真空后，开启容器与另一装有被送液的容器联通的阀门。该方法是以压力差、液体流动等理论作为依托。通过搭配真空泵完成预应力孔道的气体抽吸，确保孔道具有一定真空度，达到负压状

态，之后在另一侧利用压浆机，借助一定正压力，将泥浆压入预应力孔道，增强压浆饱满度，最大程度消除气泡的影响，使油泥从油罐中被抽离^[1]。

2.3.2 技术应用

油泥的减量资源化处理流程为：油泥进入预处理设备，之后进入沉降池，向油泥调质中加入适量药剂，实现机械分离操作，达到净化污泥的目的。剩余油泥进入油水分离装置，在补充适量水后，完成原油回收。在操作过程中需要注意，油泥水分离处理设备在完成油水分离操作后，其底部含固量相对较高的物质，会经过污油泵，并流入处理系统。待液态含油污泥与药剂一同进入调质罐，再实施升温搅拌，开展污泥的加热匀化，使其中黏度较大的吸附油完成解吸，并推动油分离。直至搅拌均匀一段时间后，静止沉降，将污泥通入两相离心机，达到固液分离的目的。其中分离后污泥需要装袋运出，而液体则要收集起来^[2]。

3 主要设备与功能

3.1 清洗设备

真空冲洗设备需要借助真空阀将存水室的空气抽出，具备一定的真空度，由于调蓄池内气压高于存水室，使室内液位升至设定液位。直至调蓄池需要冲洗时，再将存水室顶部隔膜阀开启，真空破坏，瞬间将储水释放，底部喷射出的水具备一定的动能。形成席卷式的射流，将沉积物卷起，冲流至收集渠，通过泵排出调蓄池。由于真空冲洗设备充分依托真空泵的抽真空作用，因此无需外部供水，采用真空泵控制，一套系统可控制多个真空阀，能耗较低，能够保持稳定运行。

真空抽吸与喷射清洗设备的结构组成包括抽吸、清洗、热交换等模块，本质上属于撬装式一体化集成工艺设备，其中抽吸模块的作用在于抽取油泥，清洗泵则用于输送介质，并为清洗剂提供能量。而热交换模块则在蒸汽压力 0.4MPa 的条件下，实现介质加热、升温。在运行过程中，需要借助卧式双泵串，在移送、清洗环节，对于储罐来说，应依照相关标准要求，启动并联系统。以此增强搅拌效果^[3]。

3.2 处理设备

油泥减量装置主要采用分离设备、调质设备、离心分离设备、加药装备以及气体检测设备，并结合制氮、自控等辅助部分。其中调质设备主要用于接收液态老化油泥，其结构组成包括污泥提升泵、搅拌器，能够促进油泥的匀化、加热处理。而搅拌器则安装在

调质罐顶部,内部设有加热盘管,可保证污泥加热温度恒定在 65℃,能够起到强化油泥分离效果的作用。在完成调质作业后,油泥会从罐底通过提升泵输送到离心处理单元,至于上部浮油则会重新流入油水分离设备实现二次分离。离心分离设备的主要工艺流程表现为:初步处理的油泥需要预先通入调质罐,经过泵提升后的油泥则会流入过滤装置,用以筛去较大的固体颗粒,确保离心机能够安全运行。直至经过螺旋热交换器后,抵达两相分离机。此时污泥的温度需要保持在 70℃以上,若温度无法满足应用标准,则要利用多种控制手段加以调节,比如借助泵开展循环升温。将分离后的固体,可直接通过螺旋输送机排出,而液相则会进入油水分离设备,从而开展油水的二次处理。

3.3 辅助设备

3.3.1 加药设备

主要用于对处理环节的油泥、水进行药剂添加,通常来说在药剂用量以及类型的选择上,需要结合试验结果进行确定,为保证装置的处理效果最佳,要根据现场情况进行适当调整。一般情况下,每吨污泥的液体药剂添加量大约在 2~3kg,而固体药剂的添加量,比如絮凝剂干粉,则应控制在 0.3~0.3kg。

3.3.2 气体检测设备

其作用在于检测密闭储罐中,气体含量与浓度,能够实现检测场所指定区域的切换检测,并实时显示气体含量,记录氧气、易燃气体浓度,具有报警与紧急停止等功能。能够为储罐清洗作业提供安全保证,避免安全事故的发生。同时,气体检测设备还要搭配控制程序,并结合采样装置,与清洗泵一同采用自动连锁控制。若发现储罐内部的氧气含量高于安全标准,则清洗泵无法实现自启动,在运行中,若出现与安全值较为接近的情况,则可进行停机报警^[4]。

4 安全风险防控

根据实际调查显示,储罐区具有一定的危险性,容易出现爆炸、火灾等安全隐患,一旦出现事故,难以有效扑救,并存在燃烧面积大、损失量高等特性。为了防止储罐清洗时出现严重危害,需要做好一系列风险防控措施,保障作业有序进行。一方面需要在施工现场布置警戒线,安装警示牌,进行区域的隔离、划分,通过严格的安全管理体系,规范人员的作业行为,要求其切实遵守相关安全条例,预先做好进场考察,识别安全因素,排除安全隐患,做好准备工作,检查设备的参数性能。并定期进行设备的检修维护,

核实设备数量与质量。另一方面要增强人员的安全意识,强化人员的专业培训,提高人员的技能水平,使其充分认识到储罐清洗的危险性。管理人员需要落实好安全组织机构,熟悉人员的岗位职责,划分好人员的责任、义务,要求技术人员编制完成的清洗计划,做好技术交底工作。而石油企业则要定期考核人员的技术能力,搭配一系列奖惩机制,激发人员的工作积极性。对于表现优异的人员,给予一定资金奖励,对于表现不佳的人员,给予帮助与警戒,使其及时提升自我、完善自我,避免相同问题反复发生。

根据上述分析发现,做好储罐清洗作业,有助于推动石油企业的可持续发展,也能助推环保工作的落实,笔者认为,罐底油泥的物理性质相对特殊,物质成分复杂,根据油泥物性,需要采取适合的清洗模式。而机械清洗相较于传统工艺来说,成本支出更低,效果更出众,具有极高的推广价值,且发展空间广阔,能够实现自动化、智能化发展。比如采用智能机器人,代替人工作业。至于在设备运行环境的控制上往往无法达到预期标准,因此还要结合现场情况,进行适当优化与改进。

5 结论

综上所述,通过对石油罐底油泥的主要特性与危害开展分析讨论,阐述石油储罐机械清洗及罐底油泥减量处理技术,包括技术原理、资源化处理方法,并提出清洗过程中涉及的主要工艺装置,以及切实有效的风险防控措施,以此促进石油企业的稳定发展,注重生态环境的保护,确保相关技术人员能够根据油泥物性,采取针对性的清洗手段,并不断推动工艺技术的智能化发展。

参考文献:

- [1] 朱海,耿晓茹. 简易管道封堵装置在航油储罐清洗中的应用[J]. 化工管理,2023(30):141-143.
- [2] 瓮子文,王佳楠,李明. 浅析储罐油泥处理技术及清洗技术发展现状[J]. 石油化工设备技术,2023,44(05):62-66+7.
- [3] 徐洪文. 高粘度稠油泵在重污油储罐机械清洗系统中的应用[J]. 清洗世界,2022,38(10):11-13.
- [4] 塔娜,张传明. 含油污泥深度减量环保治理方案[J]. 化工时刊,2019,33(06):22-23+53.

作者简介:

谢卫华,男,山东淄博人,本科,工程师,研究方向:机械、设备维修。