

原油储罐机械清洗技术发展及应用

叶志波（中海油气（泰州）石化有限公司，江苏 泰州 225300）

摘要：随着全球石油工业的快速发展，原油储罐在石油储运、炼油和化工等工业领域中发挥着举足轻重的作用。但在原油的储存和运输过程中，储罐内壁不可避免地会形成大量的油污残留物，从而降低储罐的有效容量，影响原油的储存效率，导致油品变质，甚至引发安全事故。因此，对原油储罐进行定期、高效的清洗成为保障安全生产、提高生产效率、保护环境的必要措施。本文对原油储罐机械清洗技术进行简要概述，分析原油储罐机械清洗技术的发展历程，进而探讨机械清洗技术在原油储罐中的具体应用，最后进行经济分析，以期为推动原油储罐清洗技术的进一步发展与应用提供理论支持和实践参考。

关键词：原油储罐；机械清洗技术；发展历程；经济分析

鉴于全球能源需求的不断增长，原油储罐在石化行业拥有举足轻重的地位。但目前原油储罐在长期使用和储存过程中面临着沉积物积累、油品质量下降、安全隐患增加等问题，严重影响了储罐的效率和安全性。传统的清洗方法存在效率低、安全风险大、环境污染严重等弊端，已无法满足现代石化行业对高效、环保清洗技术的需求。因此，研究和推广原油储罐机械清洗技术，对于提高储罐清洗效率、保障油品质量、延长储罐使用寿命以及保护环境安全具有重要意义。

1 原油储罐机械清洗技术概述

原油储罐机械清洗技术，是专门针对石化行业中大型原油储罐内部沉积物及污垢进行高效清除的先进技术手段。该技术运用机械化设备，如高压水枪、清洗刷、磨料喷射装置等，结合精密的控制系统与环保清洗剂，实现对储罐内部的全面、深度清洁。机械清洗技术不仅显著提高了清洗效率，缩短了停罐时间，还极大降低了人工清洗所带来的安全风险与环境污染。它能够在确保储罐结构完整性的同时，有效去除罐底沉积的油污、锈渣及杂质，恢复储罐原有容量，保障油品质量，延长储罐使用寿命。此外，机械清洗技术还注重资源的回收与再利用，运用废油回收系统，实现清洗过程中产生的废油、废水的有效处理与循环利用，体现了绿色、环保的清洗理念。

2 原油储罐机械清洗技术的发展历程

原油储罐机械清洗技术的发展历程，是石化行业技术进步与环境保护需求共同推动的结果。早期，原油储罐的清洗主要依赖人工进行，此方法不仅劳动强度大、效率低，还存在较高的安全风险与环境污染问题。随着科技的进步与石化行业对高效、安全、环保清洗技术的迫切需求，机械清洗技术逐渐崭露头角。

20 世纪 80 年代末至 90 年代初，随着机械设计与自动化技术的快速发展，原油储罐机械清洗技术开始进入快速发展阶段。在该时期，各种清洗机械如高压水枪、清洗刷、磨料喷射装置等被相继开发并应用于实际清洗作业中。此类机械清洗设备运用高压水流、旋转刷头或磨料颗粒的冲击作用，有效去除了储罐内部的沉积物与污垢，显著提高了清洗效率与作业安全性。

进入 21 世纪，随着环保法规的日益严格与石化行业对资源回收再利用的重视，原油储罐机械清洗技术进一步向高效、环保、智能化的方向发展。现代机械清洗系统不仅集成了先进的清洗机械与环保清洗剂，更引入了智能机器人技术。机器人具备高度的自动化和智能化水平，能够在复杂的储罐环境中进行精准、高效的清洗作业，运用精确的控制系统进行导航和定位，能够覆盖储罐的每一个角落，确保清洗的彻底性。

随着物联网、大数据、人工智能等先进技术的不断融入，原油储罐机械清洗技术正逐步向智能化、远程化、无人化方向发展。未来，原油储罐机械清洗技术将更加高效、安全、环保，为石化行业的可持续发展提供有力支持。

3 机械清洗技术在原油储罐中的具体应用

3.1 高压水枪清洗技术

高压水枪清洗技术，作为原油储罐机械清洗技术的重要组成部分，凭借其高效、环保、安全的特性，在石化行业得到了广泛应用。该技术主要利用高压水泵产生的高压水流，运用特制的高压水枪喷嘴，将水流加速至极高速度，形成具有强大冲击力和切割力的水射流，对原油储罐内壁及沉积物进行强力冲刷和清

洗。在清洗过程中，高压水枪能够迅速瓦解和清除储罐内壁的油污、锈渣、沉积物等杂质，同时避免了对储罐材质的损伤。由于高压水流的冲击作用，清洗效果深入且彻底，能够确保储罐内部恢复原有的清洁度和光滑度。

高压水枪清洗技术还具有清洗速度快、效率高、节水节能等优点，大大降低了清洗成本和环境负担。为了实现更高效的清洗效果，高压水枪清洗技术通常与其他清洗技术相结合，如机械刷洗、化学清洗等。在实际应用中，操作人员会根据储罐的实际情况和清洗需求，灵活调整高压水枪的喷射压力、喷射角度和清洗路径，以确保清洗的全面性和均匀性。同时，为了保障清洗作业的安全性和环保性，还会采取一系列的安全措施和环保措施，如设置安全隔离区、回收处理清洗废水等。

3.2 清洗刷清洗技术

在原油储罐的清洗作业中，清洗刷清洗技术利用特制的清洗刷，对储罐内壁进行细致而深入的刷洗，有效去除附着在罐壁上的沉积物、油垢和锈层，恢复储罐的原有光洁度和使用性能。清洗刷清洗技术的核心在于清洗刷的设计和使用。清洗刷通常由刷毛、刷柄和驱动机构组成。刷毛是清洗刷直接与储罐内壁接触的部分，其材质、硬度和排列方式都直接影响着清洗效果。在原油储罐的清洗中，刷毛通常选择耐磨、耐腐蚀、具有一定弹性的材料，如尼龙、聚酯纤维或金属丝等。此类材料不仅能够承受清洗过程中的机械应力和化学腐蚀，还能够适应储罐内壁的复杂形状，确保清洗的全面性和均匀性。

刷毛的排列方式也经过精心设计，以确保在清洗过程中能够形成有效的刷洗力。通常而言，刷毛采用螺旋状、波浪状或簇状排列，这种排列方式不仅能够增加刷毛与储罐内壁的接触面积，还能够提高刷洗的效率和均匀性。在清洗作业中，清洗刷通过驱动机构的带动，在储罐内壁进行旋转或往复运动。这种运动方式使得刷毛能够充分接触并刷洗储罐内壁的每一个角落，涵盖难以触及的细微缝隙和复杂形状的部位。通过刷毛的刷洗作用，附着在罐壁上的沉积物、油垢和锈层被逐渐瓦解和清除，恢复了储罐内壁的光洁度和耐腐蚀性。

3.3 磨料清洗技术

磨料清洗技术作为原油储罐机械清洗领域中的佼佼者，凭借其独特的清洗机理和对各种顽固沉积物的

卓越去除能力，在石化行业赢得了显著的赞誉。此技术巧妙地结合了细小的磨料颗粒与高压水流或压缩空气，形成了一种具有强大冲击力和磨削力的磨料射流，专门用于对付那些难以清除的沉积物、锈层和油垢。在清洗作业中，磨料颗粒在高速射流的驱动下，以极高的速度和能量撞击储罐内壁，产生强烈的物理磨削和化学侵蚀作用。其复合作用不仅能够迅速瓦解和剥离附着在罐壁上的沉积物，还能够对储罐内壁进行微观层面的抛光，从而显著降低未来沉积物的附着能力。

磨料清洗技术常常与其他清洗技术相结合，形成一套综合性的清洗方案。例如，与高压水枪清洗技术相结合，可以先利用高压水流冲刷掉部分松散的沉积物，再借助磨料射流对顽固部分进行深度清理。随着科技的不断进步和石化行业的发展需求，磨料清洗技术也在不断创新和升级。新型的磨料材料不断涌现，如纳米级的磨料颗粒，它们具有更高的比表面积和更均匀的粒度分布，能够提供更精细的清洗效果。

3.4 机器人清洗技术

在原油储罐的复杂维护体系中，机器人清洗技术以其高度的自动化、智能化特性，正逐步成为行业转型升级的关键驱动力。机器人清洗系统通常由清洗机器人本体、高精度控制系统、多功能清洗工具、环境监测与反馈系统以及废油回收与处理模块等多个部分组成。每一部分都蕴含着深厚的专业技术与精密设计，共同构成了高效、环保、安全的清洗解决方案。清洗机器人本体作为执行清洗任务的核心，通常采用高强度、耐腐蚀的材料制造，以适应原油储罐内部恶劣的工作环境。其机械臂设计灵活多变，能够模拟人手的各种动作，甚至完成更为复杂、精细的清洗任务。同时，机器人还配备了先进的驱动系统与稳定器，确保在清洗过程中能够保持稳定的姿态与精准的定位。

高精度控制系统则是机器人清洗技术的“大脑”。它集成了先进的算法与传感器技术，能够实时监测机器人的位置、速度、姿态以及清洗过程中的各项参数，如清洗压力、水温、清洗剂浓度、流量等。运用精确的控制与调节，系统能够确保清洗作业始终在最优状态下进行，既保证了清洗效果，又避免了资源的浪费与环境的污染。此外，此类机器人还带有多功能清洗工具，涵盖高压水枪、旋转刷头等，能够针对不同类型的污垢与残留物进行有针对性的清洗。例如，高压水枪能够迅速冲刷掉储罐内壁的松散污垢；旋转刷头则能够深入缝隙与死角，清除顽固的油垢与锈蚀。

3.5 原油储罐机械清洗系统的应用

原油储罐机械清洗系统作为现代石化行业储罐清洗的先进解决方案,集成了高压水枪清洗、清洗刷清洗、磨料清洗、机器人清洗等多种技术于一体,运用高度自动化的控制系统和智能化的作业流程,实现了对原油储罐内部沉积物、油垢及锈层的高效、全面、安全清除。此系统的综合应用,不仅极大地提升了清洗作业的效率和质量,还显著降低了清洗过程中的安全风险和环境负担,为石化行业的可持续发展奠定了坚实的基础。

基于这些精确的数据,系统能够自动生成最优的清洗方案,涵盖选择合适的清洗技术组合、设定合理的清洗参数(如压力、流量、磨料粒度等)以及规划高效的清洗路径。智能化规划过程,确保了清洗作业能够精准对准目标区域,避免了盲目清洗带来的资源浪费和效率低下。在实际清洗过程中,原油储罐机械清洗系统展现出了卓越的性能。高压水枪以其强大的冲击力和覆盖范围,首先对储罐内壁进行大面积的冲刷,有效去除松散的沉积物和表面的油污。随后,清洗刷以其细腻的刷洗效果和适应复杂形状的能力,对难以触及的角落和细节部位进行深度清理。而磨料清洗技术,则以其独特的磨削作用,对残留的顽固沉积物和锈层进行彻底清除,同时完成对罐壁的微观抛光,提高了储罐内壁的光洁度和耐腐蚀性。

4 经济分析

原油储罐作为石化行业的重要组成部分,其清洁度和维护状况直接影响着生产效率和产品质量。机械清洗技术,特别是清洗刷清洗技术,在提高储罐清洁度、延长储罐使用寿命及保障生产安全方面发挥着至关重要的作用。但任何技术的应用都需要进行全面的经济分析,以确保其经济可行性和长期效益。

从投资成本角度来看,机械清洗技术的初期投入相对较高,涵盖清洗设备的购置费用、安装调试费用以及操作人员的培训费用。对于机器人清洗而言,这些成本通常更高,因为机器人清洗系统往往集成了更先进的技术,如智能导航、实时监测、远程操控等,增加了设备的购置成本。但机器人清洗的高效性、自动化程度以及减少人工依赖的特点,也为降低长期运营成本提供了可能。

运营成本层面,机械清洗技术的运营成本主要涵盖设备维护费用、能源消耗费用以及清洗剂的消耗费用。相较于传统的手工清洗或化学清洗,机械清洗技

术虽然可能在设备维护和能源消耗方面产生一定的费用,但其清洗效率更高,清洗周期更长,因此从长期来看,其运营成本是更具竞争力的。

在效益分析方面,机械清洗与机器人清洗均有助于提升企业的生产效率与产品质量,增强市场竞争力。但机器人清洗通过减少人工干预、降低安全风险与环保风险,为企业创造了更加安全、稳定的生产环境,提升了企业的品牌形象与声誉,还吸引了更多的客户与合作伙伴。此外,机器人清洗技术的引入还体现了企业对技术创新与可持续发展的重视,有助于提升企业的社会责任感与公众形象。

5 结束语

综上所述,原油储罐机械清洗技术以其高效、环保、安全的特性,在石化行业展现出了巨大的应用潜力和经济价值。通过全面的经济分析,虽机械清洗技术的初期投资较高,但其长期运营成本更具竞争力,且能够显著提高储罐的清洁度、使用效率和产品质量,为企业带来显著的经济效益。因此,推广和应用原油储罐机械清洗技术,不仅是石化行业提高生产效率、保障生产安全的必然选择,也是实现绿色、可持续发展的重要途径。

参考文献:

- [1] 费铁成. 原油储罐机械清洗技术的应用与优化 [J]. 清洗世界, 2023, 39(10): 77-79.
- [2] 雷磊. 原油储罐机械清洗工艺的技术分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(20): 166-168.
- [3] 孔德宇. 原油储罐机械清洗中的智能化问题研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(18): 93-94.
- [4] 连雪崎. 关于原油储罐机械清洗技术的研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(15): 163-164.
- [5] 刘闯. 关于原油储罐机械清洗技术的研究 [J]. 清洗世界, 2020, 36(05): 3-4.
- [6] 高作禧. 原油储罐机械清洗技术在辽河油田的应用 [J]. 科技成果管理与研究, 2021(09): 95-97, 104.
- [7] 李国兴. 机械化清洗设备在原油储罐清洗上的应用 [J]. 管道技术与设备, 2022(3): 40-41.
- [8] 赵九洲. 大型原油储罐机械清洗工艺和装备研究与应用 [J]. 石化技术, 2021, 28(12): 180-182.
- [9] 雷磊. 原油储罐机械清洗工艺的技术分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(20): 166-168.

作者简介:

叶志波(1989-)男,汉族,湖北黄冈人,本科,工程师,研究方向:石油化工储罐清洗工程管理。