

# Research on Mechanized Maintenance Technology of Outer Anticorrosive Coating of Fracturing Storage Tank

You Yang

Sinopec Southwest Petroleum Engineering Co., Ltd. Downhole Operation Branch, Deyang, Sichuan, 618000, China

## Abstract

The external anticorrosion layer of fracturing storage tank is very important to ensure the long-term stable operation of fracturing storage tank. It can not only prevent the corrosion of fracturing storage tank, prolong its service life, but also ensure the safety of storage materials. However, the traditional maintenance process often relies on manual operation, which is not only inefficient, but also has certain safety risks in the operation process. In addition, the quality of manual maintenance is difficult to ensure consistency, which affects the overall performance and safety of fracturing tanks to a certain extent. In this paper, combined with the shortcomings of the traditional maintenance process of the outer anticorrosive coating of the fracturing storage tank, the advantages of the mechanized maintenance process of the outer anticorrosive coating of the fracturing storage tank are analyzed, and the new process and quality inspection of the mechanized maintenance of the outer anticorrosive coating of the fracturing storage tank are discussed for reference.

## Keywords

fracturing storage tank; external anticorrosive coating; mechanization; maintenance process

## 压裂储罐外防腐层机械化维修工艺研究

杨友

中石化西南石油工程有限公司井下作业分公司, 中国·四川 德阳 618000

## 摘要

压裂储罐外防腐层对于保障压裂储罐的长期稳定运行至关重要, 它不仅能够防止压裂储罐受到腐蚀, 延长其使用寿命, 还能确保储存物质的安全性。然而, 传统的维修工艺往往依赖于人工操作, 这不仅效率低下, 而且在操作过程中存在一定的安全风险, 再加上人工维修的质量难以保证一致性, 这在一定程度上影响了压裂储罐的整体性能和安全性。论文结合传统压裂储罐外防腐层维修工艺存在的不足, 分析压裂储罐外防腐层机械化维修工艺的优势, 探讨压裂储罐外防腐层机械化维修新工艺和质量检验, 以供借鉴。

## 关键词

压裂储罐; 外防腐层; 机械化; 维修工艺

## 1 引言

随着工业技术的不断进步, 压裂储罐外防腐层机械化维修工艺得到了显著的发展。这一进步不仅源于技术的革新, 也得益于行业对更高效率和更高质量维修需求的不断提升。传统的维修方法, 如手工打磨和涂装, 不仅效率低下, 而且难以保证涂层的均匀性和耐久性。因此, 引入机械化维修工艺成为了行业发展的必然趋势, 这种工艺通过自动化设备的使用, 大大提高了维修的速度和质量, 同时也减少了人工操作的风险, 为压裂储罐的长期稳定运行提供了有力的技术支持。

## 2 传统压裂储罐外防腐层维修工艺存在的不足

首先, 传统工艺需要工人长时间进行高空作业, 手工打磨、涂刷等操作劳动强度大, 尤其是在恶劣天气或高温环境下, 工人的工作条件更为艰苦, 再加上手工操作速度慢, 无法快速覆盖大面积的压裂储罐表面, 导致维修周期长, 影响压裂储罐的正常使用和生产效率。其次, 手工操作受工人技能水平、体力状况、工作态度等因素影响, 防腐层的厚度、均匀度、附着力等质量指标难以保持一致, 容易出现质量波动。此外, 手工涂刷过程中可能会出现涂料滴落、溶剂挥发等问题, 对环境造成污染, 同时也增加了涂料的浪费。最后, 对于形状复杂或结构特殊的压裂储罐, 传统手工工艺难以保证防腐层的完整性和均匀性, 同时, 手工操作难以实现施工数据的实时记录和监控, 不利于质量控制和后续的维护追溯<sup>[1]</sup>。虽然传统工艺的初期投入较低, 但由于效率低、质

【作者简介】杨友(1983-), 男, 中国四川乐至人, 本科, 工程师, 从事油气开采、酸化压裂方面的装备管理研究。

量不稳定、安全隐患等因素，长期维护成本可能较高。

### 3 压裂储罐外防腐层机械化维修工艺的优势

首先，机械化维修工艺通常采用自动化或半自动化的设备，如喷涂机、磨砂机等，这些设备可以快速、连续地完成大面积的防腐层施工，大大提高了维修效率。机械化设备能够精确控制施工参数，如喷涂厚度、均匀度等，从而保证防腐层的质量稳定性和一致性，减少人为因素导致的质量波动。其次，机械化维修减少了人工操作的需求，降低了工人的劳动强度，特别是在高空或恶劣环境下的作业，机械化可以有效减少工人的风险。此外，机械化设备通常配备有高效的过滤和回收系统，可以减少涂料和溶剂的浪费，降低对环境的污染，同时，机械化作业通常更加节能，因为设备可以更有效地利用能源<sup>[2]</sup>。最后，现代机械化维修设备通常设计有多种功能和模式，可以适应不同类型和规格的压裂储罐，以及不同的防腐材料和工艺要求。机械化维修过程中可以实时记录施工数据，如喷涂速度、压力、温度等，这些数据有助于质量控制和后续的维护追溯。虽然机械化设备的初期投资较高，但由于其高效、高质量和低维护成本的特点，长期来看可以带来更好的经济效益。

## 4 压裂储罐外防腐层机械化维修新工艺

### 4.1 原材料

一般来说，压裂储罐外防腐层主要包括环氧富锌底漆、云铁中间漆、聚氨酯面漆，采购人员在采购的过程中，要提前做好市场调研，选择性价比高的涂料，各项性能要求要符合相关技术规范，检查涂料使用说明书、涂料出厂合格证、涂料生产日期和有效期等方面，结合压裂储罐外防腐层的实际要求确定三种涂料的配比，在正式投入使用之前要邀请第三方机构检验，达到 GB/T50393 标准<sup>[3]</sup>。同时，要根据涂料的黏稠程度选择恰当的喷枪和喷嘴，使得涂料喷涂能够顺利进行。

### 4.2 设备

#### 4.2.1 表面处理设备

常见的表面处理设备主要包括高压除水锈机器人、高压水回收循环利用系统等，论文重点介绍高压除水锈机器人，它是三轮两驱结构，前轮是两个结构相同的吸附驱动一体化单元，设置于前端左右两侧，主要给机器人提供驱动力和吸附力，而机器人后轮采用万向轮，提供吸附力和稳定支撑常吸附于立面进行作业，根据不同的施工环境可以设计不同的尺寸，满足不同施工环境的施工要求。

#### 4.2.2 喷涂设备

压裂储罐外防腐层的涂敷作业采用多功能爬壁机器人，这一机器人同样是两轮三驱结构，也是吸附立面作业，为了满足多种压裂储罐外防腐作业的要求，技术人员重新设计了机器人结构形式，将驱动单元与吸附模块分离开来，这不仅能够优化机器人的底盘空间，而且增加了水平滑台、

升降平台等，使得多功能爬壁机器人能够搭载不同的功能模块，同时也能实现不同高度和水平方向上位置调节的目标，实现压裂储罐表面除锈、清洁、吹扫等作业，也能够根据具体的作业要求快速更换功能模块<sup>[4]</sup>。操作人员通过无线遥控的方式能够远程控制多功能爬壁机器人，实现压裂储罐外防腐层机械化，彻底代替人工操作。

### 4.3 工艺评定

在压裂储罐外防腐层喷涂之前要安排专业的技术人员进行工艺评定，结合相关的数据确定高压水除锈和喷涂设备参数，确保压裂储罐外防腐层能够满足 GB8923.4 技术规范的要求。在压裂储罐外防腐层喷涂的过程中，要测量扇面边缘湿膜厚度、中心点厚度等，以此来涂料搭接宽度、喷枪、喷嘴等，随后结合实际的施工要求调整喷嘴流量大小、喷涂扇面搭接宽度等。

### 4.4 施工工序

压裂储罐外防腐层机械化维修新工艺流如下：表面处理（机器人高压水除锈、除锈质量检测）→涂料配料（原材料检验、涂料混料）→涂层涂敷（机器人底漆喷涂、机器人中间漆喷涂、机器人面漆喷涂）→防腐层质量检验。

#### 4.4.1 表面处理

一般来说，操作人员采用吸附式爬壁机器人开展高压水除锈，在表面处理开始之前，要安排工作人员去保护现场的火灾报警器、防雷防静电设施等，避免在除锈过程中对其造成不可逆的损害。同时，要检查机器人的设备参数，在压裂储罐外防腐层处理过程中，要尽可能采用超高压水，通常控制在 100MPa 上，根据压裂储罐的材质选择恰当的压力，结合工艺评定报告内容来确定相关的参数。利用吸附式爬壁机器人来去除压裂储罐表面的旧涂层、松散锈蚀等，在除锈的过程中，要尽可能将压裂储罐的罐壁打磨到最初的状态，确保表面没有锈蚀、旧涂层等，符合 GB8923.4 相关的要求。在正式喷涂之前，要对高压水除锈的等级进行评定，不得高于 M 级。在表面处理 4 小时后，安排施工人员进行去喷第一道漆，当然也可以添加缓蚀剂延长表面漆处理时间，但依旧建议表面处理结束当天喷涂第一道底漆。

#### 4.4.2 涂料配料

在使用之前，将每一种涂料都送到国家认证的第三方机构进行检测，达到相关的行业标准要求才能使用。涂料要在使用前进行配制，时间不能过早，否则会导致涂料固化，严重影响涂料的喷涂效果和喷涂之间。此外，涂料配制的各个环节应该严格按照说明书进行操作，使用专用搅拌器进行搅拌，按照一定的比例进行配制再充分搅拌均匀。如果涂料说明书对于熟化时间有特别的要求，必须达到熟化要求才能使用。

#### 4.4.3 涂层涂敷

操作人员用多功能爬壁机器人高压水除锈后，要安排技术人员进行检验，检验合格得到监理工程师认可合格后，

再使用多功能爬壁机器人进行喷涂作业。如果压裂储罐表面被污染或者再次返锈,达不到规定的喷涂要求,应该立刻停止喷涂作业,安排施工人员重新进行表面处理作业,检验合格后才能进行涂敷施工。每一道漆涂敷结束后,要检查压裂储罐外防腐层表面是否漏涂、是否有脱落、是否有剥离、是否有涂层流挂、是否漆膜发花等,检验合格后才能涂敷下一道漆。在使用涂料的过程中,搅拌一定要充分,不能有漆皮和杂物,要清理干净后才能继续使用<sup>[5]</sup>。常见的压裂储罐外防腐层固化程度检查主要包括表干、实干、固化,具体来说表干就是施工人员用手指轻轻触摸压裂储罐外防腐层,当防腐层不沾手或者轻微沾手无漆,则意味着涂料已经是表干;实干就是施工人员用自己的手指用力推压裂储罐外防腐层,如果推不动,则意味着涂料已经是实干;固化就是施工人员用手指甲用力刻压裂储罐外防腐层,如果未留下痕迹,则意味着涂料已经是固化,随后能够进行下一步喷涂操作。

## 5 压裂储罐外防腐层质量检验

### 5.1 外观和附着力检查

在压裂储罐外防腐层涂层施工结束后要先安排专业技术人员进行外观检查,确保压裂储罐外防腐层表面不会出现脱落、鼓包、涂层是否光滑、颜色是否均匀等,同时可以应用放大镜进行涂层检测,抽查率应该要大于5%。随后,要进行附着力检查,压裂储罐外防腐层要满足《0319-2021 钢质储罐外防腐层技术规范》的要求,如果发现不合格要求,要及时安排人员整改,直到检测合格。

### 5.2 涂层厚度检查

在压裂储罐外防腐层每一道漆施工结束后,要测量漆的厚度,根据相关的性能参数测量出干膜厚度,确定厚度能够符合相关的要求。在这一过程中,检查人员可以采用多功能爬壁机器人进行实验,并喷涂环氧富锌底漆。具体施工参数内容主要包括漆料的物化距离、喷涂速度等,根据具体压裂储罐外防腐层涂料的性能指标,根据压裂储罐曲率半径、工作环境等进行逐一确定。此外,在确定干膜厚度值的时候,要测量3个相邻点的数值取平均数,这3个点之间的距离应该控制到12~75mm,平均值应该在干膜厚度范围内。如果上一道压裂储罐外防腐层受到了污染,要及时安排维修人员处理,将压裂储罐外防腐层表面处理干净后再进行下一道工序。同时,在压裂储罐外防腐层完工后,为了避免划伤和磕伤,要做相关施工保护,如果发现损坏要及时进行修复。

## 6 压裂储罐外防腐层机械化维修工艺注意事项

### 6.1 安全措施

首先,确保所有参与维修的人员都经过专业培训,熟悉操作规程和安全知识。其次,在维修现场设置明显的安全警示标志,并配备必要的安全设施,如防护栏、安全网、紧急停机按钮等。最后,使用防爆工具和设备,特别是在易燃易爆环境中作业时,要确保通风良好,防止有害气体积聚。

### 6.2 设备选择与维护

要结合具体的施工要求选择适合压裂储罐尺寸和形状的机械化设备,如喷砂机、高压清洗机、自动涂装机器人等。同时,定期对设备进行检查和维护,确保其在良好的工作状态,使用前对设备进行试运行,检查其性能是否正常。

### 6.3 环境保护

首先,采取措施减少维修过程中产生的废气、废水和固体废物的污染,对废弃的防腐材料和处理剂进行妥善处理,符合环保要求。其次,详细记录维修过程中的关键参数和操作步骤,建立维修档案,对维修结果进行评估,为未来的维修工作提供参考和经验。

## 7 结语

综上所述,经过一系列研究和实验论证,压裂储罐外防腐层机械化维修工艺是切实可行的,值得大规模推广和应用。压裂储罐外防腐层机械化维修工艺通过提高效率、保证质量、降低劳动强度、环保节能、适应性强、数据记录和追溯以及经济效益等方面的优势,这有利于提升中国压裂储罐防腐机械化维修工艺水平,成为现代压裂储罐维护的重要发展方向。

### 参考文献

- [1] 吴阳,刘月芳,王宪军,等.储罐外防腐层机械化维修工艺研究[J].科学技术与工程,2023,23(18):7753-7757.
- [2] 吴阳,李佳铮,向彬瑞,等.原油储罐外防腐层维修工艺可行性分析[J].全面腐蚀控制,2021,35(10):15-16.
- [3] 李孝和,郭啸.原油储罐外防腐层维修工艺可行性分析[J].IT经理世界,2021(7):167-168+171.
- [4] 张晨,陈思雅.储罐外防腐涂层服役性能快速评价技术实践[J].广东科技,2022,31(2):65-68.
- [5] 王永才,厉嘉滨,王海,等.液化天然气储罐用水性防腐涂层体系的制备与应用研究[J].涂料工业,2020,50(10):39-43.