

炼油污水环境下平流隔油池刮渣机腐蚀机理与防护技术

陈则超

中国石油化工股份有限公司广州分公司 广东 广州 510000

【摘要】：本文聚焦炼油污水环境下平流隔油池刮渣机的腐蚀问题，深入剖析了涉及污水成分、电化学及微生物腐蚀等多重机理，并系统阐述了材料优选、表面处理、电化学保护及工艺优化等综合防护技术。旨在为企业提供理论依据与技术支持，以降低维护成本，提升生产效率与安全性。

【关键词】：炼油污水；平流隔油池；刮渣机；腐蚀机理；防护技术

DOI:10.12417/2705-0998.26.04.054

炼油行业产生大量含油污水，平流隔油池是主要处理设备，刮渣机作为关键部件负责排除池底污泥。然而，炼油污水成分复杂、腐蚀性强，导致刮渣机易受损、寿命短，不仅增加维护成本，还影响处理效果并存在环境风险。因此，深入研究其腐蚀机理并采取有效防护技术具有重要现实意义。

1 炼油污水成分及特性

1.1 含油物质

炼油污水里存在众多含油成分，像原油、成品油以及润滑油等均在其中。这些油类物质具有较强黏附性，极易附着于平流隔油池刮渣机表面，形成一层油膜，阻碍设备正常运转，降低其工作效率。而且，油类物质富含碳、氢等元素，为微生物的滋生繁衍提供了丰富的营养源。微生物在油类物质滋养下大量生长，其代谢活动会改变设备表面微环境，加速电化学腐蚀进程，对刮渣机造成更为严重的损害。

1.2 硫化物

原油本身蕴含一定比例的硫元素，在炼油这一复杂工艺进程中，硫元素会发生一系列化学反应，转化为多种硫化物，像硫化氢、硫醇以及硫醚等较为常见。这些硫化物化学性质活泼，具备极强的腐蚀性。当处于酸性环境时，其腐蚀性会进一步增强。它们会与刮渣机等金属设备发生化学反应，破坏金属表面的保护膜，使金属不断溶解，从而加速金属的腐蚀进程，严重影响设备的性能与使用寿命，给炼油生产带来潜在风险。

1.3 氯化物

炼油污水成分复杂，其中氯化物是不可忽视的一类有害物质，常见的有氯化钠、氯化钙等。在污水环境中，氯化物具有较强的化学活性，会与金属表面的保护膜发生作用，使其结构遭到破坏，完整性受损。一旦保护膜被破坏，金属局部就会暴露在腐蚀环境中，极易引发点蚀现象。点蚀会不断向金属内部扩展，导致刮渣机的金属部件逐渐变薄、穿孔，严重影响设备的正常运行，降低其使用寿命，给炼油生产带来安全隐患。

1.4 酸碱物质

炼油生产环节中，会使用各类酸碱化学药剂，同时污水里还存在有机酸等物质，这让炼油污水常呈现出酸性或碱性。在酸性环境里，金属表面的氢离子会大量得电子，加速金属的氧化溶解；而在碱性环境中，金属又易与氢氧根离子等发生反应，生成腐蚀产物。这种酸碱环境极大地加快了金属的腐蚀速率，使得平流隔油池刮渣机长期处于严峻的腐蚀状况下，对其耐腐蚀性能带来了巨大挑战，必须采取有效措施加以应对。

1.5 悬浮物和杂质

炼油污水成分繁杂，其中悬浮物与杂质含量颇高，像泥沙、铁锈以及催化剂颗粒等都在其中。这些物质随污水流动，极易在刮渣机表面不断沉积。当它们在设备表面堆积后，不同成分间会形成电位差异，进而构成腐蚀电池。在腐蚀电池的作用下，电位较低的区域作为阳极不断失去电子被腐蚀，电位较高的区域作为阴极促进反应进行，如此便加速了刮渣机局部的腐蚀进程，严重影响设备的正常运行与使用寿命。总结如下：

表 1 炼油污水中主要腐蚀因素及影响

腐蚀因素	主要成分	腐蚀影响机制
含油物质	原油、成品油、润滑油	形成油膜阻碍运行；滋生微生物加速电化学腐蚀
硫化物	硫化氢、硫醇、硫醚	破坏金属保护膜；引发酸性腐蚀
氯化物	氯化钠、氯化钙	破坏钝化膜；诱发点蚀和穿孔
酸碱物质	有机酸、酸碱药剂	改变介质 pH 值；加速金属氧化溶解
悬浮物和杂质	泥沙、铁锈、催化剂颗粒	沉积形成腐蚀电池；引发局部腐蚀

2 炼油污水环境下平流隔油池刮渣机腐蚀机理

2.1 电化学腐蚀

这是最普遍的腐蚀形式。当金属部件与污水接触时，由于表面电位差异会形成微腐蚀电池，低电位金属作为阳极失去电子被氧化。污水中的氯化物、硫化物等电解质显著增强了导电性，其中氯离子会破坏金属表面的氧化膜，阻碍其修复，从而大幅加速阳极金属的溶解。

2.2 化学腐蚀

指金属与腐蚀介质直接发生化学反应。炼油污水中的硫化物、酸碱物质是主要诱因。例如，硫化氢（ H_2S ）与铁反应生成硫化亚铁（ FeS ），该产物质地疏松，无法形成有效的保护层，反而会暴露新鲜金属表面，导致腐蚀向内部纵深发展。

2.3 微生物腐蚀

污水中的硫酸盐还原菌、铁细菌等微生物易在设备表面附着并形成生物膜。其代谢活动会改变金属表面的微环境，例如在缺氧条件下将硫酸盐还原为腐蚀性极强的硫化氢。同时，微生物分泌的有机酸、硫化物等代谢产物会协同侵蚀金属基体，破坏材料结构。

2.4 应力腐蚀

这是一种危害性极大的破坏形式，表现为拉应力与腐蚀介质协同作用下的脆性断裂。刮渣机在运行中承受机械应力（运转、摩擦）及热应力（温度变化），当处于含硫化物、氯化物的环境中时，极易诱发应力腐蚀开裂。这种破坏往往突发且无明显征兆，易导致设备瞬间失效，引发严重安全事故。

3 炼油污水环境下平流隔油池刮渣机防护技术

3.1 材料选择

在提升刮渣机耐腐蚀性能方面，选对材料是重中之重。挑选材料时，需全面考量炼油污水的成分、所处的腐蚀环境以及设备的使用要求等诸多因素。不锈钢是常用材料之一，它具备出色的耐腐蚀性能，在含氯离子的环境中优势明显。像 304 不锈钢、316 不锈钢都是常见类型。其中，316 不锈钢含有一定量的钼元素，这使其耐点蚀和耐缝隙腐蚀的能力大幅提升，能很好地适应腐蚀性较强的炼油污水环境。镍基合金同样表现优异，有着卓越的耐腐蚀和高温性能，可在恶劣腐蚀环境中长期稳定工作。以哈氏合金 C-276 为例，它对各类还原性酸、氧化性酸和盐溶液都有很强的耐腐蚀性，适用于高浓度硫化物和氯化物的炼油污水环境。不过，镍基合金价格偏高，会提高设备的制造成本。非金属材料也不容忽视，玻璃钢、塑料等都有不错的耐腐蚀性能，且价格相对亲民。玻璃钢重量轻、强度高、耐腐蚀，可用于制造刮渣机的刮板、支架等部件；塑料材料如聚乙烯、聚丙烯，化学稳定性良好、耐腐蚀性强，适合制造刮渣机的密封件、管道等。

表 2 刮渣机常用防腐材料性能对比

材料类型	代表牌号/种类	主要特点	适用场景
不锈钢	304、316（含钼）	耐氯离子腐蚀； 机械强度高	刮板、主轴、 支架
镍基合金	哈氏合金 C-276	耐强酸强碱； 耐高温；抗氧化	高硫、高氯恶 劣 环境关键部件
非金属材料	玻璃钢、聚乙烯 (PE)	重量轻；绝缘性好；化 学稳定性强	刮板、密封件、 管道、外壳

3.2 表面处理

表面处理能在金属表面构筑一层保护屏障，有效提升金属的耐腐蚀能力，常见方法包含涂层、镀层、渗层等。涂层处理，是将具备耐腐蚀特性的涂料均匀涂覆在金属表面，构建起致密的保护膜，阻断腐蚀介质与金属的直接接触。像环氧树脂涂料，它有着出色的附着力，能紧密贴合金属；耐化学腐蚀性强，可抵御多种化学物质的侵蚀；耐磨性也佳，可延长涂层使用寿命，在刮渣机防腐处理中应用广泛。此外，聚氨酯涂料、无机富锌涂料等也常被选用。镀层处理，借助电镀、化学镀等手段，在金属表面沉积一层金属或合金，以此增强耐腐蚀性。常见的镀层有镀锌、镀镍、镀铬等。镀锌层能在金属表面生成碱式碳酸锌保护膜，减缓金属腐蚀速度；镀镍层不仅耐腐蚀性能优异，还具备良好的耐磨性，适用于腐蚀性较强的环境。渗层处理，通过化学热处理方式，把一种或多种元素渗入金属表面，形成具有特殊性能的合金层^[1]。比如渗铝层，能在金属表面形成致密的氧化铝保护膜，具有良好的耐高温腐蚀和抗氧化性能；渗氮、渗碳等渗层处理，也能赋予金属表面独特的性能，满足不同工况需求。

3.3 电化学保护

电化学保护基于电化学原理，通过改变金属电极电位来减缓或遏制金属腐蚀，常见方法有阴极保护与阳极保护。阴极保护，可借助外加电流或牺牲阳极的方式，让被保护金属成为阴极以抑制腐蚀。外加电流阴极保护操作时，将直流电源负极与被保护金属相连，正极接辅助阳极，让外加电流使金属表面电位降低，实现阴极保护目的。比如在一些大型金属储罐的防腐中，就常用此方法。牺牲阳极阴极保护则是在被保护金属上连接电位更负的金属或合金，像镁、锌、铝等作牺牲阳极，依靠牺牲阳极溶解来保护目标金属。例如船舶外壳，常采用牺牲阳极来防止海水腐蚀。阳极保护是把被保护金属与直流电源正极相连，在特定腐蚀介质里，让金属表面生成一层致密氧化膜，

阻止金属进一步腐蚀^[2]。不过，阳极保护有适用范围，它适用于具有钝化特性的金属，像不锈钢。在化工领域的一些不锈钢设备防腐中，阳极保护能发挥良好作用，有效延长设备使用寿命，降低因腐蚀带来的维修成本与安全风险。

3.4 工艺优化

为降低炼油污水对刮渣机的腐蚀，可对污水处理工艺进行优化，减少污水中腐蚀性物质含量。预处理是关键的第一步。在污水进入平流隔油池前，通过沉淀、气浮、过滤等常用方法开展预处理工作。沉淀可使污水中的泥沙等较重悬浮物沉降；气浮能借助微小气泡将油类等物质带到水面去除；过滤则可进一步拦截细小杂质。经预处理，能去除污水中大部分悬浮物、油类以及部分腐蚀性物质，降低后续处理难度与腐蚀风险。调节污水 pH 值也必不可少。依据刮渣机材料的耐腐蚀特性，将污水 pH 值控制在中性或弱碱性范围。因为酸性或碱性物质会加速金属腐蚀，适宜的 pH 环境能有效减少此类腐蚀。此外，添加缓蚀剂是有效的防腐手段。在污水中添加适量有机胺类、有机磷酸盐类、无机盐类等常用缓蚀剂，它们能在金属表面形成一层保护膜，阻碍腐蚀介质与金属接触，从而减缓金属腐蚀速率。通过预处理、调节 pH 值、添加缓蚀剂等工艺优化措施，可显著降低炼油污水对刮渣机的腐蚀，延长设备使用寿命，保障炼油生产的稳定运行。

3.5 定期维护

为延长刮渣机使用寿命，定期对其进行维护和检修，及时

察觉并处理设备存在的腐蚀问题十分关键。清洗是维护的重要环节。需定期对刮渣机开展清洗工作，以此去除设备表面附着的污垢、油污以及腐蚀产物，维持设备的洁净状态。清洗方式多样，高压水冲洗能凭借强大的水流冲击力，快速冲掉大部分杂质；化学清洗则可针对一些顽固污渍，通过特定化学药剂与之反应，达到彻底清洁的目的。检查工作也不容忽视。定期对刮渣机的各个部件进行细致检查，着重查看是否存在腐蚀、磨损、变形等情况。一旦发现腐蚀问题，要迅速采取有效措施处理，若腐蚀程度较轻，可采用补焊的方式修复；若腐蚀严重，则需及时更换受损部件，防止问题进一步扩大。此外，润滑工作同样重要。定期为刮渣机的运动部件添加润滑油，能够减少部件之间的摩擦与磨损，降低设备运行时的阻力，让设备运转更加顺畅^[3]。而且，润滑油还能在金属表面形成一层油膜，这层油膜可隔绝空气、水分等腐蚀介质与金属的接触，起到一定的防腐作用，从而保障刮渣机的正常运行。

4 结论

炼油污水环境下刮渣机的腐蚀兼具电化学、化学、微生物及应力腐蚀等多重机理。为提升设备耐久性，需采取材料优选、表面处理、电化学保护及工艺优化等综合防护手段。实际应用中应结合污水成分、工况特点及经济性进行合理选型，同时加强腐蚀监测与技术研究，持续优化防护策略，确保设备长效稳定运行，为企业可持续发展提供保障。

参考文献：

- [1] 易华英. 炼油装置含油污水预处理的隔油设计[J]. 石油化工安全环保技术, 2009, 25(02): 50-52+70.
- [2] 徐子宏, 孙宝权. A/O₂ 法处理炼油污水在实践中的应用[J]. 今日科苑, 2007, (06): 66.
- [3] 申屠灵女. 催化燃烧法处理炼油污水处理场臭气[J]. 石油化工环境保护, 2003, (04): 36-39.