

苯乙烯装置中屏蔽泵故障的经济性分析研究

周 良(中国石化海南炼油化工有限公司, 海南 洋浦 578001)

摘要: 苯乙烯装置屏蔽泵在生产过程中的作用至关重要, 而屏蔽泵在使用过程中出现故障, 不仅会影响企业的生产进度, 还会带来额外的经济负担, 其稳定运行与生产效率和成本控制有着直接的关系。基于此, 本文阐述了屏蔽泵在苯乙烯装置中的重要作用, 分析了屏蔽泵的常见故障类型及其成因, 并详细分析故障带来的经济影响, 从而提出故障预防与优化管理的经济性提升策略, 为苯乙烯生产企业降低因屏蔽泵故障导致的经济损失、提高生产效益提供理论依据与实践指导。

关键词: 苯乙烯装置; 屏蔽泵; 故障; 经济性分析

中图分类号: TQ051.21

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167(2025)029-0052-03

Economic Analysis of Shielded Pump Failures in Styrene Production Facilities

Zhou Liang (Sinopec Hainan Refining & Chemical Co., Ltd., Yangpu Hainan 578001, China)

Abstract: As a critical component in styrene production systems, shielded pumps face operational failures that not only disrupt manufacturing schedules but also incur additional economic costs. Their stable performance directly impacts production efficiency and cost control. This study elucidates the vital role of shielded pumps in styrene facilities, identifies common failure patterns with their root causes, and quantifies associated economic losses. Through systematic analysis, it proposes cost-effective strategies for preventive maintenance and optimized management, providing both theoretical foundations and practical guidance for styrene producers to mitigate financial losses and enhance operational profitability.

Keywords: Styrene production facilities; Shielded pumps; Failure analysis; Economic evaluation

苯乙烯作为一种重要的有机化工原料, 在塑料、橡胶、纤维等诸多领域得到广泛应用, 屏蔽泵在苯乙烯装置的生产过程中, 起着输送各种液态物料的关键作用, 其运行的稳定性与整个装置的生产效率和经济效益有着直接的关系。但屏蔽泵易发生各种故障, 既影响装置正常运行, 又会带来重大经济损失, 原因是苯乙烯生产环境复杂, 且屏蔽泵本身的结构特点, 因此, 对苯乙烯装置中屏蔽泵故障进行经济性分析具有重要的现实意义。

1 苯乙烯装置中屏蔽泵概述

1.1 屏蔽泵在苯乙烯装置中的作用

屏蔽泵用于输送易燃易爆、有毒有害的液体物料, 如苯、乙烯、苯乙烯装置, 它是保证苯乙烯生产工艺流程顺畅的核心设备之一, 可保证物料在装置各单元之间稳定、连续地输送, 维持反应过程中物料的能量传递, 屏蔽泵装置的安全和效率直接关系到苯乙烯生产的整个过程。

由于所输送的物料具有较高的危险性, 一旦发生泄漏, 可能会造成火灾、爆炸或中毒等严重事故, 而屏蔽泵的密封特性使此类风险从根本上得到了降低, 为生产环境的安全提供了基础保障, 屏蔽泵的密封特性较好, 屏蔽泵在物料输送过程中, 可根据工艺需求调节输送量, 使各反应单元的物料供应保持在设定的范围内, 从而避免了反应效率下降、产品质量波动等因物料过多或不足而产生的故障。

1.2 屏蔽泵的结构与工作原理

屏蔽泵把泵和电机连在一起, 电动机的转子和泵的叶轮固定在同一根轴上, 形成一个密封的整体, 主要由泵体、叶轮、屏蔽套、电动机等部件组成, 马达运转时带动叶轮转动, 使液体在泵内产生离心力, 从而达到输送液体的目的, 屏蔽套将马达的定子和转子与输送的液体隔离开来, 使马达不腐蚀, 工作正常进行。

泵体是液体输送的通道, 其内部结构符合流体力学原理, 这样能减少流动阻力, 输送效率得以提高, 叶轮形状和尺寸经过精确计算, 旋转时能产生足够离心力, 液体因此获得足够动能, 实现从低压区向高压区输送, 屏蔽套采用耐腐蚀材料, 它必须高强度, 密封性能很重要, 它关系泵的安全运行。

防止液体渗入电机内部, 避免损坏部件, 也要防止热量传给液体, 以免影响物料性质, 电机是驱动部件, 功率和转速需匹配泵的需求, 动力输出要稳定, 带动叶轮持续旋转, 保证液体输送连续稳定, 各部件配合精度要高, 减少运行摩擦和振动, 降低能量损耗, 延长设备寿命。

2 苯乙烯装置中屏蔽泵常见故障类型分析

2.1 轴承磨损故障

苯乙烯装置中, 介质生产会混入杂质颗粒, 颗粒随介质流动, 运行中接触轴承表面, 产生摩擦作用, 长期运行下摩擦累积, 轴承表面材料损耗, 逐渐形成

磨损，润滑系统正常运行很重要，保障轴承减少磨损，润滑系统可能故障。如润滑油供应不足，这会使轴承润滑不足，金属间摩擦加剧，磨损进程加快，润滑油长期使用会变质，受温度压力影响，介质污染也有影响，物理化学性质改变，粘度可能下降，抗氧化能力减弱，润滑效果降低，同样加速轴承磨损。

轴承磨损后，其配合精度受损，屏蔽泵运行时产生异常振动，振动幅度随磨损加剧而增大，这影响泵的运行稳定性，振动还会传到其他连接部件，引发连锁反应，磨损严重时，叶轮与泵体间隙异常变化，可能发生直接摩擦，造成机械损伤，影响输送效率，磨损恶化后，转子可能卡死，屏蔽泵完全停运，停运影响苯乙烯装置的物料输送，生产流程中断，装置生产进度受阻，产品质量下降。

2.2 电机故障

苯乙烯装置处理的物料大多易燃易爆，这对电机防爆性能要求极高，微小火花可能引发事故，电机在苯乙烯装置中运行，需长期承受高温高湿，高温会加速绕组绝缘老化，绝缘性能逐渐下降，高湿易使绝缘材料受潮，绝缘效果进一步降低，绝缘老化或受潮到一定程度。可能出现绝缘击穿，引发绕组短路故障，电机运行负荷超过额定值，处于过载运行状态。绕组电流增大，产生过多热量，加速绝缘损坏，电机散热系统出现故障。如风扇损坏，散热片积尘过多，热量无法及时散发，内部温度持续升高，加剧绝缘老化损坏，引发电机故障。

电机作为屏蔽泵的动力来源，一旦发生故障，会直接导致屏蔽泵停止运行。屏蔽泵的停运会使苯乙烯装置中依赖该泵进行物料输送的环节中断，若该环节为装置的关键部分，会造成苯乙烯装置的局部停车，甚至是整体停车。该装置停车将造成生产中断，不仅故障排查和检修需要投入大量时间和人力，而且生产计划也将因此延误，生产损失严重，维修或更换电机需要消耗一定的费用和零部件费用、维修人员的工时费等，特别是一些大型号的电机，其更换费用较高，企业的生产成本会因此而提高。

2.3 密封泄漏故障

屏蔽泵屏蔽套在长期运行过程中与装置内介质不断接触，是防止介质泄漏的重要部件，介质通常具有一定的腐蚀性，对屏蔽套的材料会产生化学侵蚀作用，使其结构完整性逐渐受到破坏，当介质高速在泵内流动时，会不断地冲刷套面磨损。苯乙烯装置在生产过程中，温度会有周期性或非周期性的变化，屏蔽套会因温度的变化而产生热胀冷缩的长期的热应力作用可能会导致屏蔽套产生疲劳损伤，继而发生破裂、穿孔

等破坏其密封性能的情况，从而导致密封漏气的现象。

另外，在屏蔽泵安装过程中，如果密封件安装位置不准，紧固力度不均匀或没有按照安装规范操作，会影响密封结构的密封性，在经过一段时间的运行后，很容易随着震动等因素发生漏气现象，同时，屏蔽泵在运行过程中产生的机械震动会不断地冲击、磨损密封元件，也可能使密封结构受到破坏而造成渗漏。

3 苯乙烯装置中屏蔽泵故障的经济性分析

3.1 维修成本

屏蔽泵故障后的维修，需要采取相应的措施来应对具体的损坏情况，包括更换损坏的部件和修复损坏的结构，轴承磨损时需要更换轴承，绕组或整个电机的更换会涉及到电机故障，密封件或屏蔽套的更换则是密封泄漏时需要更换的，这些部件的采购费用较高，也需要考虑到维修过程中所需的工时费，两者一起构成直接的维护成本，同样属于直接维修的需的专用工具、耗材等费用，使这部分费用的总额进一步增加。

装置在检修时经常需要进行局部停车，这将直接导致装置在检修时生产能力的减少，维修后需要投入一定的人力物力进行调试、试车等工作，同时又要花费大量的时间，这些都对间接的维修费用构成了一定的影响，而且，停车会打乱原有的生产计划，由此产生的协调费用等也应计人间接维护费用，以弥补可能需要后续调整生产安排的进度。

3.2 生产损失

密封漏气会直接造成材料的浪费，这对于购买原材料来说，无疑是一种成本的提高，如果泄漏的物料没有得到及时的回收和处理，就有可能造成对环境的污染，企业就有可能因为罚款和其他费用的产生而面临环保部门的处罚，而治理污染环境还需额外投入治理成本连锁成本带来的材料损耗。屏蔽泵故障造成装置停车或降低负荷运转，会造成苯乙烯减产，使企业错失市场销售的有利时机，从而使企业销售收入下降，影响产品的市场供应，并因产量不稳定而影响与客户的长期合作关系，间接造成长期经济损失，从而对企业稳定市场占有率构成潜在威胁。

3.3 安全风险成本

若因屏蔽泵密封泄漏造成火灾、爆炸等安全事故，对人员救治、赔偿等费用巨大的设备进行维修或更换，将会造成设备受损，需要大量资金，事故也造成企业停产整顿，而其间的停产损失和各项恢复生产所需投入都属于因安全事故而遭受损失。

企业需要增加安装泄漏检测装置、气体报警仪等设备的安全防范措施，这些设备的购置、安装、维护都需要成本，以防止屏蔽泵故障引发安全事故，企业

还需要定期进行安全培训和应急演练过程中产生的培训费用、材料消耗等等，这些都构成了安全防范的成本消耗。

4 经济性提升的屏蔽泵故障预防与管理策略

4.1 强化日常维护与监测

4.1.1 定期维护保养

对设备运行的各个关键环节进行覆盖，制定详细的屏蔽泵定期维护计划，其中，在检查轴承润滑情况时，应注意润滑脂的存量、粘稠度以及有无杂质等方面的问题，以保证润滑效果达到设备操作要求，清洗滤清器时需将附着的污物彻底清除，以免泵体内部因过滤效果下降而产生杂质，在对电机绝缘性能进行检测时，判断其绝缘状态是否良好，应严格按照有关标准进行操作，并记录其绝缘电阻数值。定期检修的周期设定需要结合设备的运行强度、环境状况和厂家建议，通过经常性的检修作业，延长屏蔽泵的使用寿命，减少故障发生的几率，减少维修费用和生产损失，从而及时发现潜在的问题，将故障隐患消灭在萌芽状态。

4.1.2 状态监测技术应用

采用振动监测等多种技术手段，对屏蔽泵运行状态进行不间断跟踪，构建全方位、实时的监控系统，振动监测需要通过数据的趋势分析，选择适当的监测点，从不同方向采集振动数据，对设备运行中出现的异常振动信号进行捕捉，对电机绕组、轴承等重点部位进行温度在温度超出正常范围的情况下，实时记录温度变化并及时发出预警，电流监测则需要注意电机运行电流的稳定性，并对电流波动与设备负载的关联性和故障状态进行分析，从而对其进行控制。

4.2 优化设备选型与管理

4.2.1 合理选型

对苯乙烯装置的工艺要求进行全面梳理，弄清压力、温度、介质腐蚀性等设备所需参数后，再购置屏蔽泵，同时，对材料的粘度、密度、含固量等特点进行详细分析，型号规格相匹配的屏蔽泵应根据特定参数进行选择，以保证完全满足生产所需的流量、扬程、密封性能等指标。在选型过程中，还需要考虑设备的可靠性和耐久性，为保证设备质量，优先选择优质品牌和市场口碑较好的供应商，合理的选型可以减少设备后期不匹配而导致的故障风险，降低维护费用，提高设备运行的经济性。

4.2.2 设备更新

建立屏蔽泵运行档案，记录全生命周期数据，包括使用年限，累计运行时间，故障频率，维修成本，根据数据评估设备状况，制定更新策略，对于老化的屏蔽泵要及时更新，老化标准包括使用年限长，故障

频繁，维修成本高，更新需要前期投入，但新设备效率更高，减少生产中断，降低安全风险，长期运行更经济，总体成本更低。

4.3 加强人员培训与管理

4.3.1 操作技能培训

制定培训计划，计划要系统，培训屏蔽泵操作人员，培训内容要专业，包括设备构造，讲解工作原理，说明操作流程，强调注意事项，教授应急处理方法，培训方式要多样，可理论授课，可实操演练，确保知识掌握，提升操作水平，要求严格按规程操作，避免设备故障，提高判断能力，增强应急能力，出现异常时迅速应对，减少故障造成的损失。

4.3.2 维修技能提升

制定专项技能提升计划，定期组织机务人员进行业务培训，以维护人员为目标，培训内容应涵盖屏蔽泵常见故障类型、诊断方法、维修最新维修技术等内容，针对屏蔽泵常见故障类型、诊断方法、维修技术等方面进行培训。鼓励维修人员参加行业内的技术交流活动，学习先进的维修经验和理念，拓宽技术视野，不断进行培训和学习，提高维修人员故障诊断的准确性和维修效率，使其对故障原因的判断快速准确，在缩短维修降低维修费用、提高设备使用率等方面采取有效的维修措施。

5 结论

综上所述，苯乙烯装置中屏蔽泵故障会给企业带来多方面的经济损失，文章通过对常见故障类型和成因的分析，明确故障对经济的影响，有助于企业采取针对性的预防和管理策略，有效降低屏蔽泵故障发生率，减少经济损失，提高企业经济效益和竞争力。

参考文献：

- [1] 田嘉雯,王树强.基于故障树分析法的化工屏蔽泵可靠性分析[J].机械工程师,2024(12):19-22+26.
- [2] 刘斌.屏蔽泵的故障分析与解决措施[J].化学工程与装备,2023(09):185-187.
- [3] 王玉枫.苯乙烯生产工艺的节能优化和经济分析[J].化学工程,2024,52(07):88-94.
- [4] 董雁春.苯乙烯生产工艺及技术经济分析[J].石油化工技术与经济,2021,37(05):10-14.
- [5] 张卫华,蒲慧江,寇明耀.屏蔽电泵故障分析与改进[J].石油化工应用,2024,43(07):118-120.

作者简介：

周良（1996-），男，汉族，海南省洋浦经济开发区人，本科，助理工程师，职务：苯乙烯装置操作工，研究方向：苯乙烯。