第 7 卷◆第 10 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2737-4580(P) / 2737-4599(O)

化工设备密封泄漏隐患排查与长效管控方法研究

赵德龙
齐翔华利新材料有限公司
DOI:10.32629/jpm.v7i10.9084
[摘　要] 化工设备密封部位由于受到介质腐蚀、压力波动、温度变化、机械磨损等各方面的影响，造成密封性能下降、介质渗漏、密封失效等问题，不但影响生产装置的正常运行，还会造成火灾、爆炸、有毒介质泄漏等安全事故。对于化工设备密封泄漏隐患排查不全、异常发现慢、检维修质量差、重复泄漏等现象，从常见的密封泄漏种类和原因出发，对密封部位分类排查、运行状态检查、专业检测方法进行分析，并提出设备全生命周期管理、重点设备巡检、检维修质量控制、隐患整改闭环等长效管控措施，给化工企业降低设备密封泄漏风险提供借鉴。
[关键词] 化工设备；密封泄漏；隐患排查；风险分级；长效管控

Research on the Identification of Potential Leakage Hazards in Chemical Equipment Seals and Long-term Control Methods

Zhao Delong
Qixianghuali New Materials Co., Ltd.
[Abstract] Because chemical equipment sealing points are subject to the effects of medium corrosion, pressure fluctuations, temperature variations, mechanical wear, and other factors, they experience reduced sealing performance, medium leakage, and sealing failure. These issues not only impair the normal operation of production facilities but can also lead to safety incidents such as fires, explosions, and the release of toxic media. In response to problems such as incomplete identification of potential sealing leaks, slow detection of anomalies, poor quality of inspection and maintenance, and recurrent leaks, this study analyzes common types and causes of sealing leaks, conducts categorized inspections of sealing points, examines operating conditions, and evaluates specialized detection methods. It further proposes long-term control measures—including full life-cycle equipment management, targeted equipment inspections, quality control for inspection and maintenance, and a closed-loop process for rectifying identified hazards—to provide guidance for chemical enterprises in reducing the risk of equipment sealing leaks.
[Key words] chemical equipment; sealing and leakage; hazard identification; risk classification; long-term control and management

引言

化工生产中使用的泵、压缩机、阀门、管道和压力容器等设备都需要依靠各种形式的密封来达到隔离介质的目的，从而避免物料、气体或者液体从设备的连接部位向外界泄漏。因为化工生产介质有腐蚀性、易燃易爆性、有毒性和高温高压等特点，所以密封部位一旦出现损坏就会造成物料损失、设备运行异常，还会使危险介质进入作业环境，增加现场的安全风险。目前一些化工企业对于设备密封管理的排查重点没有确定下来，隐蔽泄漏的识别也比较困难，密封备件的选择也不合理，检维修之后缺少对密封情况进行持续的跟踪。对于长时间运行、启停次数多、介质条件复杂等设备来说，单纯的定期检修不能及时发现密封性能的变化。因此需要从密封泄漏的原因入手，确定各个设备密封部位的排查重点，规范隐患的识别和处理程序，把密封管理纳入到设备采购、安装、运行、检维修的各个环节当中，从而形成一个贯穿于隐患的发现、原因的分析、整改的验收以及后续跟踪的长效管控体系。

1 化工设备密封泄漏类型及主要成因分析

1.1 化工设备常见密封部位及泄漏类型

化工设备常见的密封部位有泵轴封、压缩机轴端密封、阀门填料函、法兰连接面以及管道接头等。不同的部位使用不同的密封方式，离心泵一般用机械密封或者填料密封，法兰连接依靠垫片压缩来达到密封的目的，阀门是利用填料和阀杆接触

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

来实现密封。按照泄漏的表现形式可以分为液体渗漏、连续滴漏、气体逸散和突发性泄漏四种。液体渗漏以表面潮湿或者介质残留为主，气体泄漏不容易被肉眼看见，突发性的泄漏一般是由密封件损坏、连接松动或者工况不良引起的。

1.2 密封材料与结构选型不适配

密封材料和介质的性质、工作温度以及压力等都存在不匹配的情况，会造成密封失效。化工生产过程中产生的酸碱溶液、有机溶剂以及腐蚀性气体等，会使得密封材料出现溶胀、硬化、脆化或者腐蚀的情况，从而使密封材料的弹性、密封性受到影响。以橡胶密封件为例，橡胶密封件长时间接触不相容的介质之后会逐渐出现弹性衰减的现象，而金属密封件由于材质的原因也会产生点蚀以及表面损伤。另外机械密封、填料密封、垫片密封有各自的使用场合，如果不能根据设备的压力、转速以及介质特性来选择合适的类型，或者在更换配件的时候没有核对规格和材质就进行更换，也会导致密封失效。

1.3 设备运行工况变化引发密封失效

设备运行压力、温度和负荷的变化都会对密封结构的稳定性产生影响。压力变化可以导致密封端面受到的作用力发生变化，从而造成密封面变形或者连接间隙变大；频繁的启停以及冷热介质的交替使用会使得材料产生热胀冷缩现象，进而对密封间隙造成影响。泵和压缩机运转时由于转子不平衡、轴承磨损以及联轴器对中偏差而产生的振动会不断加大，从而加快了密封端面的磨损。另外，介质中存在固体颗粒或者结晶体会形成冲刷作用于密封面之上，冲洗、冷却以及润滑系统出现故障也会使密封处产生温升现象，从而影响到密封的可靠性。

2 化工设备密封泄漏隐患排查的重点内容与方法

2.1 建立密封部位分类排查清单

企业要根据生产装置的工艺流程和设备布置情况，对泵、压缩机、阀门、压力容器、法兰以及管道连接部位进行详细的检查，并且创建出密封部位的分类排查清单。清单中要列出设备位号、安装地点、密封方式、输送介质、工作压力、温度、投用日期以及历史泄露状况，对于存在多个密封点的设备需要具体到各个部位。在此基础上，根据介质的危险性、设备的工作情况以及历史上发生过的故障次数来确定需要排查的重点。对于输送易燃易爆、有毒有害介质以及反复出现泄漏的设备，要列入重点检查对象，并且随着设备改造、检修或者密封方式的变化而对台账进行相应的更新。

2.2 开展密封部位外观与运行状态检查

现场检查要严格按照密封部位清单进行，仔细查看密封表面以及周围有无介质残留、油迹、结晶体、锈迹和异常污渍。法兰部位要检查垫片边缘、螺栓紧固情况以及结合面的情况，泵和压缩机轴封要查看液体积聚、异常温升和冲洗液的变化情况，阀门填料函要检查阀杆周围是否有渗漏、填料外露或者压盖偏斜。还要根据设备的压力、温度、振动以及轴承的温度等运行参数来判断冲洗、冷却、润滑系统是否正常。对于参数一直有变化但是没有出现明显的泄漏的设备也要进行专门的检查，尽早发现早期的异常。

2.3 运用专业检测手段识别隐蔽泄漏

对于挥发性气体、有毒介质以及难以留下明显痕迹的微量泄漏，要根据介质的特点来选择合适的检测设备。便携式可燃气体检测仪、有毒气体检测仪可以用来检测阀门填料函、法兰接口以及泵轴封周边的气体浓度；超声波检漏仪依靠识别泄漏产生出来的高频声波来帮助确定细微的漏点；红外热成像仪用来查看密封处的异常温度分布，协助做出摩擦发热或者冷却异常的决定。检测时需要对仪器进行校准，并且要对仪器的功能进行检查，根据实际情况来确定检测的位置。对于高风险介质区域，需要经过专门培训的人进行操作，依照作业规程展开检测工作，同时做好气体检测、现场监护等工作来保证安全。

2.4 建立隐患排查记录与动态复核机制

企业要创建起一套完整的密封泄漏隐患排查清单，对各设备的位置、密封处的材质以及压力、温度等数据，以及出现的异常情况、检测结果、隐患程度和改进意见等进行详细的记载。对于发现的泄漏和异常缺陷要保留现场照片、检测数据以及设备运行记录；对于密封件老化、紧固状态不良或者辅助系统运行不稳等问题也要列入到隐患之中。对隐患的风险程度进行判断之后确定整改期限以及复核的要求，高风险的隐患要立即采取控制措施，一般的缺陷要落实责任人员限期整改。设备检维修结束后还要根据试运行的结果来检查密封是否正常，并且修改管理台帐，对曾经发生过重复泄漏的设备进行长期监控，从而构成一个由排查、整改、验收、复核互相连贯起来的管理过程。

3 化工设备密封泄漏长效管控机制

3.1 建立设备密封全生命周期管理制度

密封泄漏的控制不能只在设备投入运行之后进行巡检、维修等工作，还应该包括设备选择、购买、安装、调试、使用、维护、修理等各个阶段。在设备采购阶段，技术人员要按照输送介质的化学性质、工作温度、设计压力、设备转速以及运行方式来确定密封结构和材料的技术要求。对于腐蚀性强、危险性大或者运行条件苛刻的设备，应该对密封材料的介质相容性、耐温性和耐压性进行严格的审查，防止由于前期选型错误而造成后期出现泄漏的情况。采购验收过程中需要核对密封件的型号、规格、材质证明以及相关的技术文件，避免出现规格不符或者使用了不适合的材料的情况。在设备安装时要将密封部位当作质量控制的关键环节，依照设备技术文件以及检修规范来管理密封面的清洁程度、安装间隙、同轴度、垫片压缩情况以及紧固的要求。设备投入运行之前需要对密封辅助系统进行检查，按照相关规定做试运行以及密封性能的确认工作。设备进入到运行阶段之后，要将密封部位列入到日常的巡检以及设备的状态管理当中，不断的对泄漏的情况、运行的参数以及维护的历史进行记录。检修和更新阶段要根据密封件的使用寿

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

命、失效原因以及设备的运行情况来决定更换的方案，不能只是机械地按照固定的周期进行更换，而应该考虑实际情况。

3.2 建立重点设备定期巡检与状态监测制度

不同的化工设备其密封泄漏的风险是不一样的，因此企业要按照输送介质的危险程度、运行压力和温度、设备的重要程度以及历史故障情况来实行分类管理。对输送易燃易爆、有毒有害液体或者气体的泵、压缩机等重要设备以及多次出现泄漏的设备，要列为重点监控对象，适当提高巡检频率；工况稳定、危险性小、运行记录好的设备按照正常的计划进行检查。巡检周期要根据企业的管理制度、设备的技术文件以及实际情况来确定，不能按照统一的频率进行。日常巡检还要加强对运行参数的监测，重点对压力、温度、振动、轴承温升以及密封辅助系统的工作状况进行观察。对已经安装在线监测系统的设备可以利用趋势分析来发现参数一直偏离正常范围以及出现异常波动的情况；对于没有安装在线监测系统的设备则可以使用便携式的仪器进行定期的测量，并且将所得的结果同之前的数据相比较。当发生振动加大、密封处温度不正常、冲洗液流量下降或者气体检测结果异常的时候，应该立即派遣技术人员进行检查，如果需要的话就要改变设备的运行状况，并且制订出检修计划。

3.3 完善密封备件选型与检维修质量控制

密封备件的管理要创建技术档案，按设备种类、密封形式、材料以及规格来分，确定适用介质、压力、温度的范围。采购时要对供应商的质量进行审查，核对备件的型号和技术参数，库存期间要做好防潮、防变形以及有效期的管理工作。在检维修过程中，必须按照标准进行拆卸、清理、检查和安装工作，特别要对密封端面、轴套、密封腔、法兰结合面等部位进行细致检查，看是否出现磨损、腐蚀或者变形的现象。对于重复泄露的设备要保留失效的部分，分析是因为材料不合适、振动或者安装不正确造成的。安装时严格按照方向、压缩量、配合间隙、螺栓紧固顺序进行，检修结束后进行试运行，保证密封良好、设备运行正常。

3.4 建立隐患整改闭环与重复泄漏追溯机制

密封泄漏隐患整改要形成一个从发现问题到解决问题的全过程管理程序，不能出现隐患已经登记但是很长时间没有处理、维修后没有验收、同一个地方反复出现泄漏的情况。企业要依据隐患排查的结果来创建整改台账，对每一项隐患做出具体的安排，包括隐患的具体位置、风险级别、产生的原因、负责整改的人、整改措施以及完成的时间。对于高风险的泄漏隐患，要根据介质的危害程度以及现场情况来决定是否需要进行隔离、停车、泄压、置换等处理，防止泄漏扩散；对于不需要立即停车处理的一般缺陷，也要制定详细的维修计划和临时的风险控制措施，不能以设备仍然可以运转为理由长期拖延整改。隐患整改完成之后，需要对设备、生产、安全等各个方面的相关人员进行验收，主要检查密封件的安装质量、连接部位的状态、辅助系统的工作状况以及设备试运行的结果。对于含有危险介质的设备要按照相应的检测要求来检验其密封性，在符合运行条件之后才能恢复到正常工作状态。隐患销项只是对隐患进行消除，并不能表明管理工作的结束，对曾经发生过泄漏的设备，在以后的运行过程中仍需定期进行复查，以发现是否有二次泄露或者相关的参数有异常情况发生。

3.5 明确岗位责任并强化专业人员培训

密封泄漏控制要确定各个岗位的职责。设备管理部门负责设备台账、备件管理、检修计划的制定，运行人员负责日常巡检、参数监测、异常报告，安全管理人员负责高风险隐患的监督、整改跟踪、验收，检维修人员负责密封件的更换、缺陷的处理以及维修质量的记录。企业还要根据岗位的特点来开展有针对性的培训工作，设备管理人员要对密封选型和失效分析有所了解，运行人员要对泄漏征兆和检测仪器的使用有清楚的认识，检维修人员需要对密封件的拆装、安装精度的控制以及试运行验收的要求有一定的认识。培训要结合典型案例进行现场辨识、操作演练，加强便携式气体检测仪、超声波检漏仪等设备的操作培训和维护管理。

结束语

化工设备密封泄漏有发生部位分散、影响因素复杂、早期异常不易发现等特征，只有在故障发生之后进行维修处理不能达到保证设备安全运行的目的。企业要根据设备的结构、介质的性质以及运行的情况来制定出有关泵、压缩机、阀门以及管道连接部位等各个方面的排查制度，采取外观检查、运行参数分析以及专业的检测方法等方式，从而加强泄漏隐患的发现能力。在此基础上把密封管理纳入到设备整个生命周期当中，并且对重点设备的巡检、备件的选择、检维修的质量控制以及隐患的整改追溯进行完善，从而建立起一个由排查、治理、验收、复查相互联系起来的长效管理方式来降低密封泄漏以及重复性的故障。

[参考文献]

[1]王字财,杨培林,王兴军.化工工艺设备管理中化工设备安全保障措施[J].化工设计通讯,2025,47(8):76-77.

[2]刘贺东,常硕伦,李建奎,等.危险化学品生产企业工艺、设备安全检查方法与基本要领(续完)[J].聚氯乙烯,2024,50(3):28-40.

[3]孙伟,王勇猛,朱志成,等.石油化工工艺设备检修火灾事故原因与防控措施[J].造纸装备及材料,2023,51(3):187-189.

[4]王石刚.化工设备安全性管理策略研究[J].造纸装备及材料,2024,51(5):195-197.

[5]吴玉祥,袁拥军.化工工艺设备管理中化工设备安全性保障的对策[J].化工设计通讯,2023,49(1):68-70.

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.