

化工设备故障预防与安全评估

黄少飞 国维栋 倪银吉

浙江圣泰安全技术有限公司 浙江杭州 310012

【摘要】本文深入探讨了化工设备故障预防与安全评估的重要性、方法及实践应用。首先阐述了化工设备故障可能带来的严重后果，强调预防与安全评估工作对于化工生产稳定运行和人员安全的关键意义。接着详细介绍了常见的故障预防措施，包括设备选型、安装调试、日常维护保养等方面。在安全评估部分，对定性和定量评估方法进行了分析，并结合实际案例展示了如何运用这些方法对化工设备进行全面安全评估。通过研究旨在为化工企业提供有效的设备管理策略，降低设备故障发生率，提高化工生产的安全性和可靠性。

【关键词】化工设备；故障预防；安全评估

Prevention and safety assessment of chemical equipment failure

Huang Shaofei Guo Weidong Ni Yinji

Zhejiang Shengtai Safety Technology Co., LTD Hangzhou Zhejiang Province 310012

【Abstract】 This paper delves into the importance, methods, and practical applications of fault prevention and safety assessment in chemical equipment. It first elucidates the severe consequences that potential failures in chemical equipment can bring, emphasizing the critical role of prevention and safety assessment in ensuring stable production operations and personnel safety. The paper then provides a detailed introduction to common preventive measures, including equipment selection, installation and commissioning, as well as daily maintenance and care. In the section on safety assessment, it analyzes both qualitative and quantitative evaluation methods and illustrates how these methods can be applied to conduct comprehensive safety assessments of chemical equipment through real-world case studies. The research aims to provide effective equipment management strategies for chemical enterprises, reduce the incidence of equipment failures, and enhance the safety and reliability of chemical production.

【Key words】 chemical equipment; fault prevention; safety assessment

一、引言

化工行业作为国民经济的重要组成部分，其生产过程涉及众多复杂的设备。化工设备的正常运行是确保化工生产连续性、稳定性和安全性的基础。然而，由于化工生产的特殊性，如高温、高压、强腐蚀等恶劣工况，化工设备容易出现各种故障。一旦设备发生故障，不仅会导致生产中断，造成巨大的经济损失，还可能引发火灾、爆炸、泄漏等严重的安全事故，危及人员生命安全和环境质量。因此，加强化工设备故障预防与安全评估工作具有极其重要的现实意义。

二、化工设备故障预防措施

（一）合理的设备选型

在化工项目规划阶段，正确选择合适的设备是奠定化工生产坚实基础的关键一步，其重要性不言而喻。化工生产工艺复杂多样，涉及众多独特的物料特性与反应条件，这些因素犹如精密仪器上的各个旋钮，精准调控着设备选型的方向。物料特性是设备选型的首要考量因素。不同的化工物料具有各自独特的化学性质，如腐蚀性、粘性、易燃易爆性等。

以处理腐蚀性物料为例，普通材质的设备在这类物料的侵蚀下，使用寿命会大幅缩短，频繁出现泄漏等安全隐患。因此，选用不锈钢、钛合金等耐腐蚀材料制造设备成为必然选择。这些特殊材料凭借其优异的抗腐蚀性能，能在恶劣的化学环境中为设备提供可靠的防护，确保设备长期稳定运行。反应条件同样对设备选型起着决定性作用。高温高压环境下，设备承受着巨大的物理压力，这就要求设备具备足够的强度和卓越的密封性能。若设备强度不足，在高压作用下可能发生破裂，引发灾难性后果；密封性能不佳，则会导致物料泄漏，不仅造成资源浪费，还可能引发火灾、爆炸等严重安全事故。

此外，设备制造商的信誉和产品质量也是不可忽视的重要因素。一个信誉良好的制造商，往往拥有先进的生产技术和严格的质量管控体系，其生产的设备在技术先进性和可靠性方面更具优势。选择这样的设备，如同为化工生产配备了坚固的盾牌，从源头上减少故障发生的可能性，为企业的稳定生产和持续发展提供有力保障。

（二）严格的安装调试

设备安装调试作为确保化工设备正常运行的关键环节，犹如一场精密的交响乐演奏，每个细节都关乎着最终的和谐与稳定。在安装过程中，严格遵循设备安装说明书和相关标

准规范进行操作是首要原则。这就好比建筑施工需依照精确的蓝图，任何一点偏差都可能埋下隐患。以大型转动设备，如泵和压缩机为例，它们作为化工生产中的“动力心脏”，其安装精度直接影响着整个生产流程的稳定性。做好设备的找平、找正工作，确保其同心度符合要求，是保障设备平稳运行的关键。若安装过程中未能精准把控同心度，设备在高速运转时就会产生异常振动。这种振动如同慢性毒药，会加速零部件之间的磨损，使原本紧密配合的部件逐渐失去精度，进而导致设备性能下降，甚至引发故障。长期积累下来，可能造成设备突然停机，给生产带来巨大损失。而设备调试阶段则是对设备整体性能的全面检验。这一过程需要进行全面且细致的性能测试，涵盖设备的各项运行参数和功能。在测试过程中，技术人员需密切关注设备的每一个细微变化，对发现的任何问题都要及时整改。只有当设备的各项性能指标都严格达到设计要求后，才能放心地将其投入正式运行。这不仅是对设备质量的负责，更是对整个化工生产安全与稳定的有力保障。通过严谨的安装调试工作，为化工设备的长期稳定运行筑牢根基，确保其在后续的生产过程中能够高效、可靠地发挥作用。

（三）完善的日常维护保养

定期巡检

建立科学合理的巡检制度，是化工设备维护保养工作中的一道坚固防线，能够及时洞察设备运行过程中的细微变化，为设备的稳定运行保驾护航。专业人员按照精心规划的时间间隔和巡检路线对设备展开全面检查，这一过程犹如医生为病人进行定期体检，不放过任何一个可能存在问题的角落。

巡检内容丰富且细致，设备的运行参数是反映其健康状况的重要指标。温度、压力、流量等参数的异常波动，往往预示着设备内部可能存在潜在故障。例如，温度过高可能意味着设备内部存在摩擦过大或散热不畅的问题；压力异常变化可能暗示着管道堵塞或阀门故障。同时，设备的外观状况也是巡检的重点内容。仔细查看设备表面有无泄漏痕迹、磨损迹象以及变形情况，这些看似微小的细节，都可能是设备故障的早期信号。哪怕是一个小小的泄漏点，如果未能及时发现和处理，随着时间的推移，可能会逐渐扩大，导致物料大量泄漏，引发安全事故。此外，设备运行时发出的声音也是判断其运行状态的重要依据。正常运行的设备会发出平稳、规律的声音，一旦出现异常噪音，如尖锐的摩擦声或沉闷的撞击声，就表明设备内部的部件可能出现了松动、磨损或其他故障。通过定期巡检，能够及时捕捉到这些早期异常情况，为后续的维修和调整争取宝贵时间，有效防止故障进一步扩大，确保设备始终处于良好的运行状态。

润滑管理

对于化工设备中的转动部件而言，良好的润滑就如同人体的血液，是维持其正常运转、减少磨损、延长使用寿命的关键要素。不同的化工设备因其工作原理、运行环境和部件

材质的差异，对润滑剂有着特定的要求。因此，根据设备的具体需求，精准选择合适的润滑剂至关重要。这需要综合考虑诸多因素，如设备运行的温度范围、负载大小、转速高低以及润滑剂与设备部件材料的兼容性等。选定合适的润滑剂只是第一步，严格按照规定的润滑周期进行加注或更换同样不可或缺。如果润滑周期过长，润滑剂在长期使用过程中会逐渐失去其性能，无法有效降低部件间的摩擦系数，导致部件磨损加剧。相反，过于频繁地加注润滑剂，不仅会造成资源浪费，还可能因过多的润滑剂积聚而引发其他问题。此外，加强对润滑剂质量的检测是确保润滑效果的重要环节。润滑剂在储存和使用过程中，可能会受到外界因素的影响而发生变质，如混入杂质、水分或氧化等。定期对润滑剂进行质量检测，能够及时发现这些问题，确保使用的润滑剂始终保持良好的性能，为转动部件提供可靠的润滑保护，使设备能够在顺畅的运行状态下持续稳定工作。

（四）状态监测与故障诊断技术的应用

随着现代信息技术的发展，状态监测与故障诊断技术在化工设备管理中得到了广泛应用。通过安装各种传感器，实时采集设备的运行数据，如振动、温度、压力等，并利用数据分析软件对数据进行处理和分析，能够准确判断设备的运行状态，预测设备可能出现的故障。例如，利用振动监测技术可以对旋转设备的振动信号进行频谱分析，判断设备是否存在不平衡、不对中、磨损等故障隐患；采用红外热成像技术可以检测设备表面的温度分布情况，及时发现设备局部过热等问题。基于状态监测与故障诊断结果，企业可以制定更加合理的维修计划，实现设备的预知维修，提高设备的运行效率和可靠性。

三、化工设备安全评估方法

（一）定性安全评估方法

安全检查表法（SCL）

安全检查表法是一种最常用的定性安全评估方法。它是根据相关标准、规范和经验，将化工设备系统分解为若干个检查项目，编制成检查表。评估人员通过现场检查，对照检查表中的项目逐一进行核对，判断设备是否符合安全要求。安全检查表法具有简单易行、全面系统等优点，但它主要依赖于评估人员的经验和知识水平，主观性较强。

故障模式与影响分析（FMEA）

故障模式与影响分析是对设备可能发生的故障模式及其对系统功能的影响进行分析的一种方法。首先确定设备的各个组成部分及其功能，然后分析每个部分可能出现的故障模式，评估每种故障模式对设备整体功能和安全性能的影响程度，并提出相应的预防和改进措施。FMEA可以帮助企业提前识别设备潜在的故障风险，有针对性地采取防范措施，降低故障发生的概率和危害程度。

（二）定量安全评估方法

故障树分析 (FTA)

故障树分析是一种演绎推理法,它以系统不希望发生的事件(顶上事件)为出发点,通过分析找出导致顶上事件发生的各种原因事件及其逻辑关系,并用树形图表示出来。通过对故障树的定性和定量分析,可以计算出顶上事件发生的概率,评估系统的可靠性和安全性。故障树分析能够清晰地展示系统故障的因果关系,便于企业采取有效的措施进行风险控制。

层次分析法 (AHP)

层次分析法是一种将复杂问题分解为多个层次,通过建立层次结构模型、构造判断矩阵、计算权重向量和进行一致性检验等步骤,对各因素的相对重要性进行定量分析的方法。在化工设备安全评估中,可将影响设备安全的各种因素划分为不同层次,如目标层、准则层和指标层,然后通过层次分析法确定各因素的权重,综合评估设备的安全状况。层次分析法能够有效地处理多目标、多因素的复杂决策问题,使评估结果更加科学合理。

四、化工设备故障预防与安全评估案例分析

(一) 案例背景

某化工企业主要生产合成氨,其核心设备之一是一台大型压缩机。该压缩机长期运行在高温、高压、高负荷的工况下,设备老化现象逐渐显现,故障发生率有所上升。为了确保设备的安全稳定运行,企业决定对该压缩机进行全面的故障预防与安全评估工作。

(二) 故障预防措施实施

设备改造与升级

根据设备的运行状况和工艺要求,对压缩机的部分关键部件进行了改造升级。例如,更换了磨损严重的活塞环、活塞杆等部件,采用了新型的耐磨材料,提高了设备的耐磨性和密封性能。同时,对压缩机的控制系统进行了优化,增加了一些自动化监测和保护装置,如振动报警装置、温度过高保护装置等,当设备运行参数超出正常范围时,能够及时发出警报并采取相应的保护措施。

加强维护保养

制定了更加严格的维护保养计划,增加了巡检次数和深度。除了日常的巡检外,每周进行一次全面的设备检查,每月进行一次深度维护保养,包括设备的润滑、清洁、紧固等工作。同时,建立了完善的设备维护档案,记录设备的运行

状况、维护保养情况等信息,为设备的管理和维修提供依据。

(三) 安全评估过程

采用安全检查表法进行初步评估

评估人员根据相关标准和企业的实际情况,编制了针对该压缩机的安全检查表。检查表涵盖了设备的机械结构、电气系统、润滑系统、安全防护装置等多个方面。通过现场检查,发现了一些安全隐患,如部分安全防护装置松动、电气线路老化等问题,并及时进行了整改。

运用故障树分析进行定量评估

以压缩机故障停机作为顶上事件,构建故障树。通过对故障树的定性分析,找出了导致压缩机故障停机的主要原因事件,如机械故障、电气故障、控制系统故障等。然后收集相关数据,对故障树进行定量分析,计算出压缩机故障停机的概率。根据计算结果,评估人员认为目前压缩机的安全状况基本满足要求,但仍需进一步加强设备的维护管理,降低故障发生的概率。

(四) 评估效果

通过实施上述故障预防措施和安全评估工作,该压缩机的运行可靠性得到了显著提高。故障发生率明显降低,设备连续运行时间延长,为企业的生产经营提供了有力保障。同时,通过安全评估,企业对设备的安全状况有了更加清晰的认识,能够有针对性地采取改进措施,进一步提高设备的安全性。

结语

化工设备故障预防与安全评估是化工企业安全生产管理的重要内容。通过采取合理的设备选型、严格的安装调试、完善的日常维护保养以及应用先进的状态监测与故障诊断技术等措施,可以有效降低化工设备的故障发生率,延长设备的使用寿命。同时,运用科学的安全评估方法,如定性的安全检查表法、故障模式与影响分析,定量的故障树分析、层次分析法等,能够全面准确地评估化工设备的安全状况,为企业制定合理的安全管理策略提供依据。化工企业应高度重视设备故障预防与安全评估工作,不断完善设备管理体系,提高设备的安全性和可靠性,确保化工生产的安全稳定运行。未来,随着科技的不断进步,化工设备故障预防与安全评估技术也将不断发展和创新,为化工行业的可持续发展提供更有力的支持。

参考文献

- [1]化工安全生产管理与事故应急管理举措[J]. 魏娜.化工管理, 2024 (10)
- [2]新环境下化工安全生产管理及事故应急策略[J]. 张超; 赵瑞军; 高艳; 郭永利; 刘晓艳.中国石油和化工标准与质量, 2024 (05)
- [3]化工安全生产管理与事故应急管理举措[J]. 黄辉.当代化工研究, 2023 (14)