

化工设备运行故障诊断与维护技术研究

王永宝

山东裕龙石化有限公司 山东 烟台 265704

摘 要：随着化工行业的迅速发展，设备运行的安全性与可靠性日益受到重视。本文深入研究了化工设备运行中的故障诊断与维护技术，分析了机械故障、腐蚀损伤、热应力等故障类型及其成因。探讨了振动分析、红外热像、超声波检测及智能化诊断等现代诊断方法，并提出定期检查、润滑管理、设备改进与预测性维护等维护策略。旨在为化工设备的稳定运行提供技术支持，推动行业技术进步。

关键词：化工设备运行；故障诊断；维护技术

引言：化工设备运行的安全稳定是确保生产效率和产品质量的关键。然而，设备在长期运行中难免出现故障，影响生产进度和安全。因此，开展化工设备运行故障诊断与维护技术研究具有重要意义。本文旨在探讨常见的故障类型及其原因，介绍现代故障诊断技术与方法，并提出有效的维护策略，以为化工企业的设备管理提供理论指导和实践参考，确保设备高效稳定运行。

1 化工设备故障类型与原因分析

1.1 机械故障

机械故障是化工设备中最为常见的故障类型之一。这主要包括轴承磨损、齿轮损坏等。长时间运行是导致机械故障的主要原因之一。在连续运转的过程中，轴承和齿轮等部件会受到持续的摩擦和磨损，从而导致性能下降甚至失效。此外，不合适的润滑也是引发机械故障的重要因素。缺乏足够的润滑会导致部件之间的摩擦增大，加速磨损过程，进而引发故障。

1.2 腐蚀和腐蚀性损伤

腐蚀是化工设备面临的另一个严重问题。这包括管道破裂、容器腐蚀穿孔等案例。腐蚀故障的主要原因是材料选择不当和工艺控制不善。在化工生产中，设备和管道常常需要接触各种腐蚀性介质，如果材料选择不当，耐腐蚀性能不足，就会导致腐蚀问题的发生。此外，工艺控制不善，如温度、压力、流速等参数控制不当，也会加剧腐蚀过程，导致设备损坏。

1.3 热应力和热疲劳

高温和急冷过程中的设备故障也是化工生产中常见的问题。这类故障的主要原因是操作条件不当和设备设计缺陷。在高温条件下，设备材料会发生热膨胀和变形，如果操作不当或设计不合理，就会导致热应力的产生，进而引发设备故障。同时，在急冷过程中，由于温度变化迅速，设备材料会受到快速的热胀冷缩影响，从

而产生热疲劳，导致裂纹和断裂等故障的发生。

1.4 其他故障类型

除了上述三种主要故障类型外，化工设备还可能出现其他类型的故障。例如，运行条件不当（如超负荷运行、操作参数超出设备设计范围等）、装配问题（如部件安装不当、连接松动等）、材料质量（如原材料缺陷、加工质量问题等）、设备老化（如长期运行导致的部件磨损、性能下降等）以及环境因素（如温度、湿度、腐蚀介质等）都可能导致设备故障的发生。

2 现代化工设备故障诊断技术

2.1 振动分析技术

振动分析技术是通过监测和分析设备的振动特性来检测故障的一种方法。这种方法可以检测轴承故障、不平衡和机械松动等问题，是化工设备故障诊断的重要手段。（1）监测设备振动特性。振动分析技术主要利用传感器监测设备的振动信号，包括振动频率、幅值和相位等。当设备出现故障时，如轴承磨损或不平衡，振动信号会发生变化，如振幅增大、频率变化等。通过分析这些变化，可以确定故障的类型和位置^[1]。（2）案例分析与应用效果。以某化工厂为例，该厂的压缩机在运行过程中出现振动增大的情况。通过振动分析技术，监测到振动频率中有明显的倍频成分，初步判断为轴承故障。经过停机检查和维修，发现轴承确实存在严重磨损。这一案例充分展示了振动分析技术在化工设备故障诊断中的有效性。通过及时发现故障，避免了压缩机因故障停机而导致的生产损失。

2.2 红外热像技术

红外热像技术是一种非接触式的测量技术，通过测量设备表面的热量分布来检测故障。（1）测量设备表面热量分布。红外热像技术利用红外辐射原理，通过红外热像仪将设备表面的热量分布转化为可见的图像。当设

备发生故障时,如电气接触不良或密封泄漏,会导致局部温度升高,形成热点。通过红外热像技术,可以直观地看到这些热点的位置和温度分布,从而判断故障的类型和位置。(2)技术优势与局限性。红外热像技术的优势在于非接触式测量、直观性强、检测速度快等。然而,该技术也存在一定的局限性。例如,对于深层故障或材料导热性差的情况,红外热像技术可能无法准确检测到故障。此外,环境温度和设备表面的污染也可能影响红外热像技术的准确性。

2.3 超声波检测技术

超声波检测技术利用超声波在物质中传播的特性,通过探测超声波在设备内部传播过程中的反射、散射和衰减等现象,来识别设备的结构缺陷、材料变化以及运行异常等问题。(1)探测高频声波变化。超声波检测技术通常使用高频声波(通常高于20kHz)进行探测。这些声波在设备内部传播时,遇到不同介质或缺陷时会产生反射、散射或衰减。通过分析接收到的超声波信号,可以判断设备内部是否存在裂纹、腐蚀、夹杂物等缺陷,以及轴承问题、泄漏和压力异常等情况。(2)与其他技术的比较。与振动分析技术和红外热像技术相比,超声波检测技术具有穿透力强、定位准确、对缺陷敏感度高以及检测范围广等优点。特别是对于金属材料和复合材料制成的化工设备,超声波检测技术能够提供更深入的检测能力。然而,该技术对操作人员的技能要求较高,且检测过程可能受到设备结构、介质特性和环境条件等多种因素的影响^[2]。

2.4 智能化诊断方法

智能化诊断方法结合了信号处理、模型建立与人工智能技术,通过自动化和智能化的手段对化工设备的运行状态进行实时监测和故障预测。(1)结合信号处理、模型建立与人工智能技术。智能化诊断方法首先通过传感器采集设备的振动、温度、压力等多种信号,然后利用信号处理技术对这些信号进行预处理和特征提取。接着,基于机器学习、深度学习等人工智能技术建立设备的故障预测模型。这些模型能够根据提取的特征参数对设备的运行状态进行分类和识别,从而实现对故障的预警和诊断。(2)神经网络、深度学习等技术的最新应用。近年来,神经网络和深度学习技术在化工设备故障诊断领域取得了显著进展。这些技术通过构建深层的神经网络结构,能够自动学习设备故障的特征表示,实现对复杂故障模式的精准识别。特别是在处理大规模、高维度的数据时,深度学习技术展现出了强大的处理能力和泛化性能。

3 化工设备维护技术研究

3.1 定期检查与维护

定期检查与维护是化工设备维护中最基础且不可或缺的一环。它旨在及时发现并处理设备的潜在问题,防止故障发生,延长设备使用寿命。(1)检查频率与内容的确定。检查频率的确定应基于设备的类型、运行条件、历史故障记录以及制造商的建议。对于关键设备或易损部件,检查频率应相对较高。检查内容则涵盖设备的整体结构、关键部件的磨损情况、连接件的紧固情况、电气系统的可靠性以及安全防护装置的完好性等。通过细致全面的检查,可以及时发现设备的异常现象,为后续维护提供有力支持^[3]。(2)维护计划的制定与执行。基于检查结果,应制定详细的维护计划,明确维护的时间、内容、所需材料以及负责人员。维护计划应具有可操作性,确保维护工作的顺利进行。在执行过程中,应严格按照计划进行,不得随意更改或省略维护步骤。同时,应建立维护记录,详细记录每次维护的详细信息,以便为后续的设备管理和维护提供参考。

3.2 润滑管理

润滑管理是化工设备维护中至关重要的一环。良好的润滑可以显著降低设备磨损,提高运行效率,延长设备使用寿命。(1)选择合适的润滑剂,制定润滑策略。选择润滑剂时,应综合考虑设备的运行环境、工作条件以及材料兼容性等因素。不同类型的设备可能需要不同类型的润滑剂,如润滑油、润滑脂等。制定润滑策略时,应明确润滑剂的更换周期、添加量以及润滑点的分布等。同时,应定期对润滑剂进行取样分析,以监测其性能指标的变化,确保润滑效果的稳定可靠。(2)对环保型润滑剂的应用探讨。随着环保意识的日益增强,环保型润滑剂的应用也越来越受到重视。环保型润滑剂具有较低的挥发性、生物降解性和毒性,对环境影响较小。在化工设备维护中,应优先考虑使用环保型润滑剂,以降低对环境的污染和对员工的健康危害。同时,应加强对环保型润滑剂的研究和开发,以满足不同设备对润滑剂性能的需求。

3.3 设备改进与升级

随着技术的不断进步和市场的不断变化,化工设备的改进与升级成为提高生产效率、降低成本和增强市场竞争力的有效途径。(1)更新设备,采用更高效的技术或材料。对于老旧设备,应考虑进行更新或升级,以采用更高效的技术或材料。新技术和新材料的应用可以显著提高设备的运行效率和可靠性,降低能耗和排放。同时,应加强对新技术和新材料的研发和推广,为化工设

备的改进与升级提供更多选择。(2)案例分析与改进效果评估。通过案例分析,可以深入了解设备改进与升级的实际效果。通过对比改进前后的设备运行数据、能耗指标和产品质量等指标,可以客观评估改进效果。同时,应总结经验教训,为后续的设备改进与升级提供参考。

3.4 预测性维护技术

预测性维护技术是一种基于大数据和人工智能的先进维护方法,旨在通过实时监测和数据分析,提前发现设备的潜在故障,并采取相应的维护措施。(1)基于大数据和人工智能的预测性维护方法。利用大数据和人工智能技术,可以实现对设备运行数据的实时监测和分析。通过对历史数据的挖掘和建模,可以建立设备的故障预测模型。该模型可以根据实时监测到的数据,预测设备的运行状态和剩余寿命,并提前发出故障预警。这种方法能够大大提高维护的准确性和效率,减少非计划停机时间,降低维护成本。(2)实时监控与故障预警系统介绍。为了实现预测性维护,需要建立一套完善的实时监控与故障预警系统。该系统应能够实时监测设备的运行状态,采集关键参数,并将数据传输至中央数据库进行分析。一旦分析结果显示设备存在潜在故障风险,系统应立即发出预警信号,通知维护人员采取相应的维护措施^[4]。

4 故障诊断与维护技术的未来发展趋势

4.1 技术融合与创新

(1)多技术融合诊断方法的发展。未来,故障诊断技术将步入多技术融合的新纪元。结合物联网、大数据、云计算及人工智能等技术,故障诊断将实现更高效、更精准的智能化监测。例如,通过物联网技术实时收集设备数据,结合大数据分析预测故障趋势,再利用人工智能技术自动诊断故障,这一系列技术的融合将大幅提升故障诊断的效率和准确性。(2)智能化程度的不断提高与深度学习技术的应用。智能化是故障诊断技术的必然趋势。深度学习,作为人工智能的先进技术,将在未来故障诊断中扮演核心角色。通过深度学习模型,设备故障模式可被自动识别,并实现预测性维护。此外,智能机器人、无人机等技术将广泛应用于现场维护,进一步推动故障诊断与维护向更智能、更自主的方向发展。

4.2 绿色化与环保要求

(1)环保型润滑剂与维护材料的应用前景。随着全

球对环保问题的日益关注,故障诊断与维护技术也将朝着更加绿色化的方向发展。环保型润滑剂和维护材料的应用将成为未来的主流趋势。这些材料不仅对环境友好,还能减少设备的磨损和故障率,延长设备的使用寿命。(2)设备改进中的环保理念与实践。在设备改进过程中,环保理念将贯穿始终。企业将在设备设计、制造、维护等各个环节中融入环保要求,以实现资源的最大化利用和废弃物的最小化排放。例如,采用节能系统、可再生能源以及绿色备件等,以减少维护过程中的碳排放和环境影响。

4.3 标准化与规范化

(1)故障诊断与维护技术的标准制定与推广。为了提高故障诊断与维护技术的效率和准确性,制定和推广相关标准将变得尤为重要。通过制定统一的技术标准和操作流程,可以确保不同企业和维修人员之间的一致性和规范性,避免因操作不规范导致的维修延误和问题。(2)提高行业技术水平与整体竞争力。标准化与规范化将有助于提高整个行业的技术水平和整体竞争力。通过推广先进的故障诊断与维护技术,企业可以提升设备的稳定性和可靠性,降低维护成本,从而提高生产效率和市场竞争力。同时,标准化的维保流程还可以优化备件库存管理,降低库存成本,进一步提高企业的经济效益。

结束语

综上所述,化工设备运行故障诊断与维护技术对于保障生产安全和提高设备利用率至关重要。通过对各种故障类型的深入研究及现代诊断技术的应用,我们能够及时发现和处理设备故障,减少停机时间,降低维修成本。未来的研究应进一步探索智能化、远程化的故障诊断与维护方法,以适应化工行业快速发展的需求。我们期待这些研究成果能够为化工企业的设备管理提供有力支持。

参考文献

- [1]孙章.化工工程中的设备维护与故障诊断技术研究[J].市政工程,2024,(04):43-44.
- [2]代崇利,闫飞龙.化工设备故障诊断与预防策略研究[J].工程地质学,2025,(09):81-82.
- [3]张存龙.化工设备检修中的故障诊断与预防维护策略研究[J].工程地质学,2023,(11):116-117.
- [4]成亚楠.化工设备的智能监测与故障诊断技术[J].建筑技术科学,2023,(10):102-103.