

化工设备故障诊断与解决方法

仇鹏鹏 张彦杰 巩少辉 赵 斌 李娜娜 何军明
华亭华煤清能煤化工有限责任公司 甘肃华亭 744100

摘要: 化工设备在生产过程中发挥着至关重要的作用,但由于其工作环境的特殊性和长期运行的负荷,设备故障问题经常发生,影响了生产效率和安全性。本文从化工设备常见的机械、电气、腐蚀与磨损故障类型出发,结合现代故障诊断技术,探讨了设备故障的诊断方法与解决措施。通过分析轴承、齿轮、密封件等常见机械故障,电机过热、线路短路等电气故障,以及腐蚀、磨损等问题的检测与解决方法,提出了有效的解决方案。本文的研究对于提高化工设备的运行效率、降低故障率、确保生产安全具有重要的实际意义。

关键词: 化工设备;机械故障;电气故障;腐蚀与磨损;解决方法

引言

化工设备作为工业生产的核心设施,在化学、石油、能源等多个领域中扮演着重要角色。然而,化工设备由于长期运行、复杂工况和外部环境的影响,常常出现各类故障,这些故障不仅影响生产的连续性和效率,还可能导致设备损坏或生产事故,给企业带来巨大的经济损失。随着技术的发展,故障诊断方法逐渐向着更加精细和智能化的方向发展,通过早期诊断和及时维修,可以有效避免设备故障的发生或扩大化。本文将对化工设备中常见的故障类型及其诊断技术进行详细探讨,并结合具体的故障案例,提出相应的解决方案,以期为设备管理和维护提供理论指导和实践依据。

一、化工设备故障诊断方法

(一) 常见故障类型及其特征

化工设备的故障可以分为多种类型,其中常见的故障包括机械故障、电气故障、腐蚀与磨损故障以及操作失误。机械故障如轴承磨损、齿轮损坏和密封件失效等,通常与设备的摩擦、冲击以及负荷等因素有关,表现为设备的噪音增大、振动异常等。电气故障则包括电机过热、线路短路和控制系统失灵等,通常与电气元件的老化、损坏或电气系统的负荷过大有关,电气故障往往表现为设备停机、失控或不稳定运行。腐蚀与磨损故障主要发生在设备的表面或管道内部,尤其在化学介质腐蚀或长期使用条件下更为严重,腐蚀和磨损会导致设备强度下降、泄漏或性能下降。操作失误是由于操作人员未按照规定的流程或技术标准进行操作,可能导致设备损

坏、参数异常等。

(二) 故障诊断技术

随着故障诊断技术的发展,越来越多的先进技术被应用于化工设备的故障检测中。振动分析是一种通过监测设备振动信号的变化来检测机械故障的有效方法,能够提前发现轴承、齿轮等部件的异常。红外热成像技术则可以通过监测设备表面温度分布,检测到过热、电气故障以及潜在的故障区域,具有高效且非接触的优势。油液分析作为一种通过分析设备润滑油中的金属颗粒、污染物等信息来判断设备磨损情况的技术,可以帮助预测设备的使用寿命并提前进行维护。声学分析则通过设备运行时产生的声音信号,判断设备是否出现故障,尤其在早期故障诊断中表现出很好的效果^[1]。以上技术各具优势,能够为化工设备的故障诊断提供重要支持。

二、机械故障诊断与解决方法

(一) 轴承故障诊断与解决

轴承是化工设备中至关重要的组成部分,它承受着设备运行过程中的所有机械负荷,因此一旦发生故障,可能导致设备运转不稳定、效率下降,甚至停机,给生产带来严重影响。轴承故障通常表现为振动幅度增大、温度升高、异常噪声等现象。振动分析技术作为一种非侵入式诊断方法,能够有效识别出轴承的故障类型和位置,尤其是轴承内部的磨损、润滑不良或安装不当等问题。此外,油液分析可以通过检测润滑油中的金属颗粒含量,进一步判断轴承是否存在磨损,帮助提前发现故障隐患。针对轴承故障的解决方法,首先是及时更换损坏的轴承,并检查设备的运行环境是否符合设计要求。

改善润滑系统的设计与运行，选择合适的润滑油并调整润滑油的更换周期，可以有效降低润滑不良带来的故障风险。定期对轴承进行检查和维护，保持其良好的工作状态，是延长轴承使用寿命、减少设备故障发生的有效手段。

（二）齿轮故障诊断与解决

齿轮作为机械传动系统中至关重要的部件，其故障往往会导致设备运行效率大幅降低，甚至引发设备停机和更为严重的故障。齿轮故障的常见表现包括异常噪声、振动增强、传动效率下降等。通过振动分析技术，可以有效地检测齿轮的工作状态，识别出因齿轮啮合不良、磨损、裂纹等导致的故障。此外，声学分析技术也能提供关于齿轮啮合和磨损程度的有价值信息，帮助工程师定位问题所在。齿轮故障的解决方法通常包括更换损坏齿轮、调整齿轮啮合角度或清洁齿轮传动系统，确保其正常运行。增加润滑油的使用并定期检查齿轮的磨损状态，可以大大提高齿轮的使用寿命。此外，在设计齿轮传动系统时，合理选择齿轮材料、优化齿轮啮合和润滑方式，可以显著降低齿轮故障的发生率，确保传动系统的稳定性和高效性^[2]。

（三）密封件失效诊断与解决

密封件在化工设备中起着至关重要的作用，能够有效防止物料泄漏和外界污染物的进入，保证设备的安全运行。然而，由于工作环境恶劣，密封件的失效问题在化工行业较为常见，通常表现为设备泄漏，造成物料浪费、环境污染，甚至引发安全事故。密封件失效的原因多种多样，常见的包括材料老化、工作温度过高、工作压力过大或外部冲击等因素。通过定期的视觉检查、泄漏检测和压力监控等手段，可以及早发现密封件的异常，避免问题扩大。解决密封件故障的常见方法包括更换失效的密封件、改进密封结构或采用新的密封材料，以提高密封性能。此外，为了避免频繁的密封失效，优化设计、减少设备运行中的压力波动、控制工作环境的温度等也是有效的预防措施。定期对密封件进行检查和更换，确保设备的密封系统始终处于最佳状态，是减少设备故障和延长设备使用寿命的关键。

（四）设备对中与平衡

设备的对中和动态平衡对于保证机械设备的平稳运行至关重要，尤其是在高速运转的设备中，任何细微的偏差都可能导致严重的机械故障。设备不对中或不平衡会导致额外的机械应力，进而加速轴承、齿轮等部件的

磨损，甚至引发设备严重故障。为了及时发现这些问题，可以采用激光对中仪、振动分析仪等高精度检测设备，对设备进行对中和动态平衡检测。通过这些技术手段，可以精确测量设备的安装位置和旋转状态，发现并纠正不对中和不平衡问题。解决方案通常包括调整设备的安装位置，确保设备各部件之间的精确对中，或者对设备进行重新平衡，优化其动态性能。定期检查设备的对中状态，尤其是对于大型设备和高速旋转设备，进行动态平衡调整，能够有效降低设备故障的发生率，减少停机时间，延长设备的使用寿命^[3]。因此，合理的对中和动态平衡管理是保障设备长期稳定运行的重要手段。

三、电气故障诊断与解决方法

（一）电机过热故障诊断与解决

电机作为化工设备中最常用的驱动元件之一，其过热问题若不及时处理，可能导致绝缘损坏、绕组烧毁等严重后果。电机过热的原因通常包括过载运行、通风不畅、轴承故障、绝缘老化等。通过温度传感器实时监测电机外壳和绕组的温度，或使用红外热成像技术，可以迅速识别过热部位。针对不同原因，解决方法也有所不同，如减少负载、清理冷却风道、更换轴承或修复电机绝缘系统等。此外，保持电机在额定工况下运行并定期保养，有助于防止过热现象的发生，延长电机使用寿命。

（二）线路短路故障诊断与解决

线路短路是化工企业中较为危险的电气故障之一，可能引发电弧、火灾甚至爆炸，必须迅速诊断并及时处理。短路现象通常由导线绝缘破损、接线错误或设备进水等因素引起。诊断方法主要包括使用万用表进行电阻测试、绝缘电阻仪检测线路绝缘情况，以及通过配电系统的保护装置如断路器或熔断器动作记录定位故障点。一旦确认短路部位，应立即切断电源，更换损坏线路或组件，并检查整个系统的接线和绝缘情况，必要时进行整体电气改造，确保安全性和稳定性。

（三）控制系统故障诊断与解决

现代化工设备普遍采用自动化控制系统，如PLC、DCS等，其故障会导致整个生产流程的中断或异常。控制系统故障主要表现为程序中断、信号丢失、执行元件不响应等。通过系统自带的诊断功能、通信信号分析和输入输出模块测试，可以较快锁定故障源头。解决方法包括重新加载程序、更换损坏模块、修复通信线路或调整逻辑设置等。在设计与运行阶段，采用模块化设计、设置冗余系统和备份程序，能在系统出现问题时迅速切

换并恢复运行，从而提高整个系统的稳定性和可靠性^[4]。

(四) 电气接地故障诊断与解决

电气接地系统是保障设备与人员安全的重要环节，一旦接地不良或断开，极易引发触电事故或设备损坏。接地故障常由接地电缆腐蚀、接地极老化或接地连接松动造成，尤其在潮湿、腐蚀性强的化工环境中更易发生。诊断通常使用接地电阻测试仪和接地电流测量仪，检测接地系统的连续性和接地效果。当检测到接地不良，应立即修复接地连接、更换腐蚀部件或增设接地极。此外，加强日常巡检和测试频率，特别是在高风险区域进行双重或多点接地，有助于提升系统的整体安全性。

四、腐蚀与磨损故障诊断与解决方法

(一) 金属腐蚀诊断与解决

金属腐蚀是化工设备运行过程中普遍存在的问题，尤其在处理酸、碱或含盐介质时更为严重，常见于容器、管道和换热器等设备中。腐蚀类型多样，如均匀腐蚀、点蚀、缝隙腐蚀等，且隐蔽性强，不易早期发现。通过视觉检查、超声波测厚和腐蚀监测探头等方法，可以有效判断设备的腐蚀情况。解决策略包括使用耐腐蚀材料（如不锈钢、合金）、涂覆防腐层、采用阴极保护技术，以及控制工作介质的成分和温度，从源头上降低腐蚀风险，同时应制定周期性的检测与维护计划，防患于未然。

(二) 管道磨损诊断与解决

管道磨损主要发生在高速流体冲刷、固体颗粒侵蚀或频繁启停的工况下，尤其在输送浆液或含颗粒物的介质中更为常见，表现为壁厚变薄、内衬破损或管道穿孔。超声检测、X射线检测以及内窥镜检查是常用的诊断手段，能够直观判断磨损程度和位置。为防止磨损，可以采取更换耐磨材料、在管道内设置衬里、优化流体速度和流向等措施。对于易磨损区域，还可采取局部加厚或安装导流板的方式增强耐久性，从而延长设备运行周期，减少维护频率。

(三) 高温环境下设备故障诊断与解决

高温环境是化工设备运行中的常见挑战，高温会加剧设备老化、材料强度下降甚至导致结构变形。常见故障包括密封失效、润滑系统异常及材料蠕变等。通过热电偶、红外热成像仪和温度传感器等技术手段，可实现对高温设备的实时监测与预警。解决措施包括采用高温合金材料、改善冷却系统、加装隔热层和优化设备布置^[5]。对于长期处于高温环境下的设备，应制定严格的运行

监控与定期检修制度，确保其始终在安全温度范围内运行，避免因过热引发连锁故障。

(四) 化学介质对设备的影响及解决方法

化学介质对设备的腐蚀、侵蚀和膨胀等影响不容忽视，尤其是强酸、强碱、氧化剂等物质在特定温度和压力条件下，会加速设备材料性能的退化。诊断方法主要包括对化学成分进行分析、检查设备表面变化以及采用材料兼容性测试等手段，识别介质对设备的破坏机制。解决方法一方面是选择与介质相容的耐腐蚀材料，如氟塑料、钛合金等；另一方面是通过改变工艺条件，如降低温度、控制浓度等，减少介质对设备的攻击。同时，加强过程控制和定期监测，是保障设备长期稳定运行的关键。

结论

通过本研究对化工设备故障诊断与解决方法的探讨，可以得出几个关键结论。化工设备在长期运行中会面临多种故障风险，包括机械、电气、腐蚀与磨损等类型的故障，这些故障不仅影响生产效率，还可能带来安全隐患。及时、准确的故障诊断对于保障设备的正常运行、延长使用寿命和提高生产安全性至关重要。现代故障诊断技术，如振动分析、红外热成像、电气检测和腐蚀监测等，能够有效识别故障根源，并为采取相应的修复和改进措施提供科学依据。与此同时，通过合理的设备维护和保养策略，结合先进的诊断工具和技术，能够有效预防设备故障的发生，确保化工企业的生产稳定与安全。因此，化工设备的故障诊断不仅是设备维护管理的核心内容，也是在提升生产效率和安全管理方面不可或缺的关键环节。

参考文献

- [1] 齐猛. 浅析化工电气设备的故障诊断与预防措施[J]. 石油石化物资采购, 2024(21): 76-78.
- [2] 郝建明. 化工机械设备的故障诊断与控制[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(2): 3.
- [3] 朱明敏, 刘杰. 化工机械设备安全特性及其故障诊断处理研究[J]. 石化技术, 2020, 27(4): 2.
- [4] 刘加明. 化工机械设备的故障诊断与维护管理[J]. 石油石化物资采购, 2024(16): 49-51.
- [5] 陈恺. 机械故障诊断在化工设备管理中的运用分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(19): 50-52.