

设备维修策略优化研究：预防性维修与预测性维修的比较分析

袁领

广西华创新材铜箔有限公司，广西壮族自治区玉林市，537000；

摘要：设备工程是一个典型的复杂系统，设备的性能、可靠性以及运行成本都是设备工程所关心的问题。为了保证设备的正常运行，需要制定相应的维修策略，从而降低设备运行成本，提高设备的性能。随着现代科技的快速发展，故障模式发生了很大变化，传统的维修模式难以适应新技术、新产品对维修策略的要求。因此，基于分析传统维修策略和预测性维修策略在不同场景下的成本效益及应用效果，从维修成本、系统性能、服务质量等方面进行对比分析，为制定新时期下合理的设备维修策略提供依据，并在此基础上提出优化方案，进而提高设备系统性能和服务质量。

关键词：设备工程；维修策略；预防性维修；预测性维修

DOI：10.69979/3060-8767.25.08.067

引言

设备维修策略是保证设备正常运行的重要手段，设备维修策略的优劣直接影响到设备运行成本及服务质量，因此需要对设备维修策略进行优化研究。目前，设备维修策略研究主要包括预防性维修、预测性维修以及基于智能算法的维修等，其中，预防性维修和预测性维修是当前主要研究方向。本文以某电力企业某机组的发电机组为例，通过分析预防性维修与预测性维修的优缺点，并对两种方法在不同场景下的成本效益及应用效果进行对比分析，最后提出优化方案，以期为提高设备运行效率、降低运行成本以及提高设备服务质量提供一定的理论依据。

1 设备工程概述

设备工程是一个典型的复杂系统，由若干个相互关联的子系统组成，通过系统的内部信息和外部环境之间的相互作用而构成。设备工程系统结构如图 1 所示，该系统由若干个子系统组成，每个子系统又由若干个部件组成。设备工程的主要任务是根据用户需求，对设备进行合理配置，并对设备进行维护保养，以确保设备正常运行。同时，设备工程还需要根据不同的任务对维修方式、维修策略进行选择。为确保设备在规定的时间内正常运行，需要制定相应的维修策略来保证设备的正常运行。本文主要介绍预防性维修、预测性维修这两种常用的故障维修方式^[1]。

2 预防性维修和预测性维修概述

预防性维修（Preventive Maintenance, PM）是指在设备处于正常运行状态下，通过对设备的定期检查与维护，及时发现和消除设备潜在故障或隐患，保证设备始终处于良好的工作状态。预测性维修（Predictive Maintenance, PM）是指通过对设备的状态监测和故障诊断，预测可能发生的故障及故障模式，及时采取预防措施来减少设备发生故障的可能性，从而延长设备的使用寿命。在正常运行过程中，根据监测结果和分析评估结果，根据预先设定的维修策略对设备进行定期维修保养、更换备件等，以保证设备正常运行^[2]。

3 预防性维修与预测性维修比较分析

3.1 预防性维修原理及应用

3.1.1 预防性维修定义

预防性维修（Preventive Maintenance），是指在设备使用过程中，通过定期（一般为一年或半年）的检查、检测和维修，及时发现设备潜在的故障隐患，防止故障的发生，以保障设备的正常运行和延长设备寿命。通过预防维修，可以减少设备故障停机时间，提高设备运行效率和经济性，保证企业生产计划的顺利完成。预防性维修在现代工业生产中应用广泛。如美国在 20 世纪 90 年代后期开始应用“以预防为基础”的维修思想。目前我国装备制造业生产企业已经普遍使用预防性维修技术^[3]。

3.1.2 预防性维修优势

（1）预测性：以预防为主的维修，能够提前发现设备潜在的问题，能够及时采取有效的预防措施，防止

设备故障和事故的发生。(2) 经济性: 在设备寿命周期中, 利用有限的资金和时间, 提高设备利用率, 降低设备故障对企业造成的经济损失。(3) 安全性: 预防维修是对设备进行维修的重要手段, 通过有效地预知、分析和控制, 可以避免事故和故障的发生。(4) 及时性: 预防维修是在发现故障后, 对故障进行及时处理, 保证设备在正常情况下工作。(5) 合理性: 预防性维修是在保证设备正常运转、不影响生产和企业利益的前提下进行维修。

3.2 预测性维修原理及应用

3.2.1 预测性维修定义

预测性维修是根据设备的运行状态和故障信息, 采用某种数学模型, 对设备的性能参数和健康状态进行预测, 从而提前安排维修, 避免事故发生。预测性维修是一种在设备故障发生前做出预判的维修方式, 是一种以预防为核心、主动、动态的维修管理方法。其通过对设备运行过程中的健康状态进行实时监测, 结合历史数据分析、设备状态监测和故障诊断等技术手段, 对设备运行状态进行实时监测和预测, 根据设备故障预测结果制定合理的维修计划。通过对设备健康状况的评估和预测, 能够及时发现设备可能存在的潜在故障, 采取针对性措施进行处理^[4]。

3.2.2 预测性维修优势

维修费用低。预测性维修可以在不停机的情况下对设备进行检测、维修, 避免因设备故障停机造成的经济损失。故障预警。通过对设备运行状态进行实时监测, 对潜在的故障进行提前预警, 以便及时采取相应措施, 避免不必要的停机维修。降低风险。预测性维修是一种主动预防式维修模式, 通过在设备运行过程中对设备状态进行实时监测和预测, 从而提前预知潜在故障发生的可能性, 降低设备在运行过程中发生故障的风险。降低维护成本。预测性维修可以在设备运行过程中提前发现潜在故障, 减少因故障停机带来的损失和维修费用, 降低企业维护成本^[5]。

3.3 预防性维修与预测性维修比较降低维修成本

预测性维修模式是以设备运行状态为基础的, 通过对设备状态进行实时监测和预测, 从而提前发现潜在故障, 从而在不停机的情况下对设备进行维修, 避免不必要的维修成本。此外, 预测性维修还能有效控制和降低因设备故障停机带来的经济损失, 为企业带来更大的经济效益。

提高企业竞争力。通过对设备运行状态进行实时监

测和预测, 可以提前发现潜在故障并及时采取相应措施, 避免设备故障停机对企业带来的不利影响。同时还能通过分析设备运行状态和历史数据, 寻找规律和趋势, 从而提高企业在行业中的竞争力^[6]。

3.3.1 成本效益比较

预防性维修的成本主要包括故障成本和停机损失, 故障成本一般包括直接成本和间接成本。而预测性维修的直接成本主要是故障后造成的时间损失, 间接成本主要是停机损失。预防性维修中, 当设备发生故障后, 需要将设备进行停机维修, 而停机时间越长, 设备的性能越差, 维修费用就越高。而预测性维修中, 如果预测到设备发生故障的时间, 则可以在预先设定好的时间内进行预防性维护或修复, 减少停机时间。从而降低了设备的直接成本和间接成本。预测性维修还能延长设备的使用寿命和降低维护费用。预测性维修能够有效减少停机时间, 从而减少停机损失和故障维修费用。

3.3.2 效果比较

预测性维修在设备故障预测、故障预防以及设备寿命管理等方面均有较大优势。设备的使用寿命随着使用时间的增加而不断降低, 预测性维修通过对设备的性能指标进行实时监测, 能有效延长设备使用寿命, 降低设备维护费用。此外, 预测性维修可以实现对设备故障进行预警, 在故障发生前就采取措施减少故障对设备的影响, 避免造成更大的经济损失。预防性维修则主要依靠人工巡检的方式进行检查和维修, 不仅不能及时发现设备故障隐患, 还会造成人力资源的浪费。而预测性维修则可以实现对设备故障的预防和预警, 并可在故障发生前进行维修保养^[7]。

3.3.3 应用场景比较

在应用场景上, 预测性维修可以实现设备的全生命周期管理, 对设备进行预测性维护。而预防性维修只对设备的部分状态进行维护, 且维修人员的工作强度较大。由于预测性维修具有更好的工作效率, 因此更适用于那些使用周期较长的设备。但是, 在应用过程中需要注意预防维修策略与预测性维修策略之间的关系, 两者并不是非此即彼、相互排斥的关系。预防性维修可以与预测性维修相结合, 实现二者的优势互补, 提高设备运行的可靠性。对于某些复杂设备, 可结合不同维修策略对其进行综合考虑, 以达到降低维护成本、提高设备运行可靠性和工作效率等目的。

4 设备维修策略优化

4.1 设备维修策略优化方法

4.1.1 数据分析方法

数据分析方法是利用数据的相关性和差异性,通过数学模型和统计方法对数据进行分析,将其应用于设备维修管理中。数据分析方法根据维修需求分析结果,结合设备结构、环境等因素,建立设备故障概率分布模型。利用统计方法,对模型参数进行估计,确定设备故障概率分布,从而实现对设备维修策略优化。数据分析方法主要适用于离散型或非均匀型变量的设备维修管理领域,通过对大量历史数据进行处理和分析,实现对设备故障概率分布的估计。根据设备故障概率分布,可优化维修周期、维修强度等,为决策提供依据。实际应用中通常以时间或数量为变量的模型形式呈现^[8]。

4.1.2 模型建立方法

通过建立数学模型的方法来分析设备维修策略优化,可以通过对设备运行状态的分析,建立预测模型,如设备故障模式影响分析(FMEA)、设备可靠性预计(RTOS)、基于可靠性的维修(RCM)、基于性能的维修(POM)等,其模型可以描述系统中可能出现的故障模式及故障机理,具有较强的科学性和实用性。此外,在设备维修策略优化中,还可以通过建立最优维修间隔模型来对设备进行优化。但需要注意的是,在建立模型时,要综合考虑成本和时间等因素,且针对不同的设备和运行状态进行分析和建模。目前最常见的维修模型主要包括预防维修模型、定期维修模型和基于性能的维修模型。

4.2 优化实践案例分析

4.2.1 预防性维修优化案例

某机械制造企业的典型设备之一为开式齿轮传动装置,由三部分组成:传动部分、轮齿部分、支撑轮架部分。齿轮传动装置由变速箱、轮齿和支撑轮组成,其中变速箱采用传统的“等动”润滑方式,轮齿则采用油润滑方式。齿轮传动装置的关键部件为齿轮副和轴承,其中齿轮副为滑动摩擦,轴承为滚动摩擦。根据故障统计,齿轮箱发生故障主要是由于轮齿磨损和轴承损坏造成的。针对上述故障,企业主要采取以下预防性维修措施:一是通过更换磨损严重的齿轮副和轴承来减少齿轮副和轴承的磨损;二是通过日常检测及时发现并更换失效的轴承。

4.2.2 预测性维修优化案例

某航空公司的飞机发动机在停机维修时,发动机故

障信号一直存在,为了判断故障类型,需要通过发动机的性能参数来确定故障的类型。但是,飞机发动机在停机维修时会对飞机状态造成影响,因此,需要对飞机进行全面的分析,以确定哪些参数是可以进行检测的。但是,在停机维修时进行检测会消耗大量时间。在维修部门对数据进行分析后发现,与发动机相关的参数在停机维修时检测不到,而与其他参数相关的参数在停机维修时检测到。因此,为了避免停机时间增加,可以通过改进数据采集装置和信号处理技术来提高故障诊断率。

5 结语

从当前维修策略优化研究成果来看,预测性维修与预防性维修存在不同之处,但二者在设备的应用中均能达到降低维护成本、提高设备运行可靠性和工作效率的目的。预测性维修是以设备故障概率分布为基础,通过对设备运行状态的监测和分析,建立预测模型,实现对设备故障的预判。而预防性维修则主要依靠人工巡检,对设备进行定期检查和维修。在应用场景上,预测性维修更适用于那些使用周期较长的设备。此外,在设备维修策略优化中还需考虑成本效益、应用场景等因素,对于不同的设备运行状态进行分析和建模,从而达到降低维护成本、提高设备运行可靠性和工作效率等目的。

参考文献

- [1] 曹玮,刘雪梅. 市政工程机械设备维修常见问题及对策[J]. 中国机械, 2024, (29): 106-109.
- [2] 李竟恒. 景电工程中机电设备常见故障及维修策略研究[J]. 中国机械, 2024, (25): 149-152.
- [3] 薛子刚, 李金田, 陈红涛, 等. 以可靠性为中心的维修在大型防护工程设备中的应用调查研究[J]. 防护工程, 2023, 45(06): 44-49.
- [4] 蔡桥洪, 马耀辉, 许庆忠. 现代工程机械管理及维修保养策略探讨[J]. 中国设备工程, 2023, (13): 64-66.
- [5] 刘志成. 公路工程施工中机械设备配置管理优化策略分析[J]. 江西建材, 2023, (05): 448-450.
- [6] 郭元海. 电气设备的维修与保养策略分析[J]. 集成电路应用, 2023, 40(01): 200-201.
- [7] 何贤兵. 浅析工程机械维修与管理策略[J]. 中国设备工程, 2020, (17): 220-221.
- [8] 苏青霄. 工程机械设备维修策略研究[J]. 内燃机与配件, 2019, (20): 171-172.