

# 隧道机电设备预防性维护与故障诊断技术研究

卢 健

山西交通控股集团有限公司忻州高速公路分公司 山西 忻州 034000

**摘要：**隧道机电设备的正常运行对于隧道的安全与顺畅至关重要。预防性维护与故障诊断技术是保障这些设备高效、稳定运行的关键。本文详细探讨了预防性维护的策略与方法，并深入分析了故障诊断技术的应用及其发展趋势，旨在为隧道机电设备的维护与管理提供全面的理论支撑和实践指导。

**关键词：**隧道机电设备；预防性维护；故障诊断；技术应用

## 引言

随着城市交通的日益拥堵，隧道作为城市交通的重要组成部分，其运营效率和安全性越来越受到社会的关注。隧道机电设备，作为隧道运营的核心，其稳定运行是确保隧道安全、高效运营的关键。为此，预防性维护与故障诊断技术的运用显得尤为重要。

### 1 隧道机电设备的预防性维护

#### 1.1 预防性维护的重要性与意义

预防性维护是一种前瞻性的设备管理方法，旨在通过定期检查、保养、维修和更换等措施，预防设备故障的发生，确保设备的持续、稳定运行。在隧道机电设备管理中，预防性维护的重要性不言而喻。它不仅可以延长设备的使用寿命，减少故障发生的频率，还能避免因设备故障而导致的隧道运营中断，从而提高隧道的整体运营效率。

#### 1.2 预防性维护的实施策略与方法

##### 1.2.1 制定全面的维护计划

为确保隧道机电设备的持续稳定运行，必须根据设备的具体类型、设计用途、实际运行环境和过往的故障记录，精心制定一份详尽而周密的预防性维护计划。这一计划不仅是设备维护的蓝图，更是保障隧道安全运营的重要基石。在制定计划时，应首先考虑设备的特性。不同类型的机电设备，如通风设备、照明系统、监控系统等，其维护需求和周期各不相同。因此，需要针对每台设备制定专门的维护子计划，明确各自的检查点、保养项目和更换部件的时间表。同时，设备的运行环境也是制定维护计划时必须考虑的重要因素。隧道内的湿度、温度、尘埃等环境因素都会对设备的运行状态产生影响。因此，维护计划应包含对环境因素的定期监测和调整，以确保设备在最佳环境下运行。此外，历史故障数据是制定维护计划的宝贵资源。通过对过往故障记录的分析，可以识别出设备常见的故障模式和薄弱环节，

从而在维护计划中给予重点关注。这种基于数据的维护策略，不仅可以提高维护的针对性，还能有效预防类似故障的再次发生<sup>[1]</sup>。一个全面的预防性维护计划应涵盖设备的所有关键方面，包括但不限于设备的定期检查、清洁保养、部件更换、环境监控以及基于历史数据的预防性措施。通过这样的计划，可以最大限度地确保隧道机电设备的稳定运行，从而保障隧道的安全和高效运营。

##### 1.2.2 加强日常巡检与监测

在隧道机电设备的预防性维护策略中，加强日常巡检与状态监测是至关重要的一环。通过定期的、系统的巡检，可以实时掌握每台设备的运行状态，及时发现潜在的故障或异常情况。这不仅有助于预防设备突发故障，还能为后续的维护工作提供准确的数据支持。为实现这一目标，应充分利用现代科技手段，特别是先进的传感器技术和智能化监测系统。这些系统能够不间断地对设备的关键参数进行实时监控，如温度、湿度、压力、电流等，从而确保设备的运行状态始终在可控范围之内。在日常巡检过程中，维护人员应遵循严格的巡检路线和检查标准，对每个设备的关键部位进行细致的检查。一旦发现任何异常现象，如异常的噪音、振动、温度变化等，都应立即进行记录，并尽快安排进一步的检查和维修。此外，通过状态监测数据的持续收集和分析，可以建立起设备的运行状态数据库。这些数据不仅可以用于评估设备的健康状况，还能为预防性维护计划的制定和调整提供科学依据。例如，当监测到某台设备的温度持续偏高时，可能意味着散热系统存在问题，此时就应及时调整维护计划，增加对该设备的检查频次和深度。

##### 1.2.3 定期保养与维修

定期保养与维修是隧道机电设备预防性维护策略中的核心环节。它涉及一系列细致且专业的操作，旨在确保设备的长期稳定运行并延长其使用寿命。按照预先制

定的维护计划,维护人员需对设备进行周期性的保养工作。这包括但不限于设备的全面清洁,以去除积累的灰尘和污垢,这些污垢若长期存在,可能会影响设备的散热性能和运行效率。同时,对设备的移动部件进行润滑处理也是必不可少的步骤,这可以有效减少磨损,提高设备的运行平稳性。除此之外,紧固设备的各个部件,特别是振动较大的部分,也是定期保养中的重要一环。通过检查并紧固螺栓、螺母等连接件,可以防止设备在运行过程中因松动而产生的噪音、振动甚至更严重的故障。在电气方面,定期检查电气连接也是至关重要的。这包括检查电缆、接线端子等是否牢固,有无腐蚀或虚接现象,以及绝缘层是否完好。任何电气连接的不良都可能导致设备故障,甚至引发安全事故。在保养过程中,一旦发现任何问题或潜在故障,都应立即进行维修。及时的维修不仅可以防止小问题变成大问题,还能避免设备在运行中发生更严重的损坏<sup>[2]</sup>。这种预防性的维修策略,旨在通过最小的投入,换取设备最大的运行稳定性和最长的使用寿命,从而确保隧道的安全、高效运营。

#### 1.2.4 更换易损件与老化部件

在隧道机电设备的维护过程中,更换易损件和老化部件是一项至关重要的任务。这些部件由于长期使用或环境因素,容易出现磨损、老化或性能下降,若不及时更换,将严重影响设备的整体性能和稳定性。根据设备的使用情况和详细的维护记录,维护团队需要定期评估各部件的状态。对于易损件,如密封件、轴承、皮带等,应密切关注其磨损情况,并在达到预定更换周期或出现明显磨损迹象时及时进行更换。同样,对于因长时间使用而老化的部件,如电容器、电阻器、电线等电气元件,也需根据其性能衰减情况进行及时替换。更换易损件和老化部件时,必须选择符合设备规格和性能要求的高品质替代产品。使用低质量或不适配的部件,可能会导致设备性能下降,甚至引发新的故障。因此,选择可靠的供应商和经过验证的部件至关重要。此外,更换部件后,还需进行严格的测试和校准,确保新部件与设备的其他部分完美兼容,并能达到预期的性能指标。这些细致的后续工作,是确保更换部件后设备能迅速恢复正常运行状态的关键。

#### 1.2.5 建立设备档案与维护记录

为隧道机电设备建立完善的档案与维护记录系统,是提升设备管理水平、确保设备长期稳定运行的关键措施。这一系统不仅涉及设备的购置日期、型号、生产厂家等基本信息,更包括设备的累计运行时间、历次维护详情以及更换部件的记录。设备档案的建立,首先要

确保信息的完整性和准确性。购置日期、初始安装位置、技术规格等初始信息为后续的设备管理提供了基础数据。此外,随着设备的运行,其运行时间的累积数据是评估设备使用寿命和维护周期的重要依据。维护记录则是预防性维护策略不可或缺的支撑。每次维护活动,无论是例行检查、部件更换还是故障处理,都应详细记录。这些记录包括维护日期、执行人员、维护内容、发现的问题及处理措施等。通过这些数据,可以追踪设备的维护历史,分析维护效果,并为未来的维护工作提供指导。更为重要的是,设备档案与维护记录为故障模式的分析提供了宝贵的数据支持。通过对历史故障数据的挖掘和分析,可以识别出设备常见的故障类型和发生频率,从而针对性地优化维护计划和故障预防措施。

## 2 隧道机电设备的故障诊断技术

### 2.1 故障诊断技术的概述

故障诊断技术是通过监测和分析设备的运行状态,判断设备是否存在故障以及故障的性质和原因。这种技术能够帮助维护人员迅速定位并解决问题,提高设备的维修效率。

### 2.2 故障诊断的主要方法

#### 2.2.1 基于模型的故障诊断

基于模型的故障诊断方法,是一种依托数学模型对设备状态进行深入分析的技术手段。它首先要求针对目标设备建立起精准的数学模型,这一模型能够准确描述设备在正常运行状态下的各种动态特性。随后,通过实时采集设备的观测数据,并将这些数据与模型预测值进行细致地比对,计算出二者之间的残差。残差,作为观测数据与模型预测之间的差值,是判断设备是否发生故障的重要依据。在正常情况下,如果设备运转良好,观测数据与模型预测值应该高度吻合,残差会保持在一个较小的范围内波动。然而,一旦设备出现故障,其实际运行状态将偏离正常模型,导致观测数据与模型预测值之间的偏差显著增大。这种方法的优势在于其高度的精确性和敏感性。通过建立精确的数学模型,它能够对设备的细微变化进行捕捉,并在故障发生的早期阶段就提供预警。然而,这种方法也存在一定的局限性,它主要适用于那些具有明确数学模型和可观测状态的设备。对于一些复杂系统或难以建模的设备,这种方法的应用效果可能会受到限制。

#### 2.2.2 基于信号处理的故障诊断

基于信号处理的故障诊断方法,是一种依赖对设备运行信号的深入解析来判断设备健康状态的技术。其核心在于对设备运行过程中产生的各种信号进行高精度

采集、细致处理与综合分析,以提取隐藏在信号中的故障特征信息。在此过程中,信号的采集是第一步,需要使用高灵敏度的传感器准确捕捉设备运转时的各种信号变化。随后,借助先进的信号处理技术,如频谱分析、小波变换等,对采集到的信号进行深度处理,以分离出与故障相关的特征信息。通过对这些特征信息的仔细分析,专业人员能够判断故障的类型、部位以及严重程度。例如,特定的频率成分变化可能指示着轴承的磨损,而信号幅度的异常波动则可能意味着机械部件的松动或断裂。这种方法特别适用于那些信号特征明显且易于提取的设备<sup>[3]</sup>。在机械设备、电气设备等多个领域,基于信号处理的故障诊断都发挥着重要作用。它不仅有助于及时发现潜在故障,还能为维修人员提供准确的故障定位信息,从而显著提高维修效率和设备运行的可靠性。

### 2.2.3 基于人工智能的故障诊断

在当今这个数据驱动的时代,基于人工智能的故障诊断技术正逐渐成为复杂设备维护的先锋。这种方法充分利用了机器学习、深度学习等尖端人工智能技术,对设备运行过程中的海量数据进行深度挖掘与精细分析。其核心机制在于,通过对设备运行数据的持续学习和模式识别,系统能够自动地识别出异常情况,甚至能够在故障发生前进行准确预测。这不仅依赖于强大的数据处理能力,还得益于机器学习算法的自适应学习能力。在实际应用中,基于人工智能的故障诊断系统可以实时监控设备的运行状态,捕捉并分析各种参数的变化趋势。一旦检测到异常模式,系统能够迅速做出反应,提醒维护人员采取相应措施,从而有效避免潜在故障演变为严重问题。此外,这种方法特别适用于复杂设备的故障诊断。复杂设备往往涉及众多相互关联的部件和参数,传统方法难以全面、准确地把握其运行状态。而基于人工智能的故障诊断则能够通过学习历史数据和实时数据,精准地识别出设备中的微弱故障信号,为预防性维护提供有力支持。

### 2.3 故障诊断技术在隧道机电设备中的应用

在隧道运营中,隧道机电设备是确保安全、顺畅通行的关键环节。而故障诊断技术,作为一种高效、精准的设备健康状态监测手段,在这些机电设备中发挥着至

关重要的作用。特别是在通风设备中,故障诊断技术的应用显得尤为重要。隧道内的通风系统关乎空气质量与行车安全,一旦出现故障,后果不堪设想。借助先进的故障诊断技术,可以实时监测风机的运行状态,通过振动分析、温度监测等手段,及时发现轴承磨损、不平衡等潜在问题,从而进行预防性维护,确保通风系统的稳定运行<sup>[4]</sup>。照明设备也是隧道中不可或缺的一部分。利用故障诊断技术,可以对照明灯具进行实时监测,检测其亮度、色温等参数,以及通过电流、电压的监测来判断其工作状态。一旦检测到异常,如灯具过热、电流过大等,系统可以及时发出警报,通知维护人员进行更换或维修,确保隧道内的照明质量。此外,在隧道监控设备中,故障诊断技术同样发挥着举足轻重的作用。监控设备是保障隧道安全的重要工具,其工作状态直接关系到隧道内的交通情况与应急响应能力。通过应用故障诊断技术,可以实时监控监控摄像头的清晰度、稳定性等性能指标,及时发现并解决画面模糊、信号不稳定等问题,确保监控系统的有效性。

### 结语

隧道机电设备的预防性维护与故障诊断技术是确保隧道安全、高效运营的关键技术之一。通过实施预防性维护策略和应用故障诊断技术,可以及时发现并处理设备故障,提高设备的可靠性和使用寿命。随着科技的不断进步和创新发展,未来这些技术将更加智能化、自动化和高效化,为隧道机电设备的维护与管理提供更加便捷、高效的解决方案。同时,也需要我们不断探索和实践新的方法和技术手段来适应不断变化的市场需求和技术挑战。

### 参考文献

- [1]孙文婷.高速公路机电设备故障成因及预防控制措施分析[J].科技视界,2020(17):133-135.
- [2]周广斌,胡磊.隧道通风设备维护管理的探讨[J].工程建设与设计,2020,40(02):123-125.
- [3]杨亮.强化高速公路机电设备维护和管理工作的对策分析[J].电子元器件与信息技术,2021,5(09):221-222.
- [4]刘斌.高速公路机电设备维护管理[J].交通世界,2021(13):147-148.