

# 现代铁路机车故障诊断及预警系统的分析

陶江

西南交通大学希望学院, 中国·四川 成都 610400

**摘要:** 现代铁路机车故障诊断及预警系统作为铁路运输安全保障的关键技术, 其智能化、精准化的特点在现代铁路系统中扮演着至关重要的角色。随着科技的飞速发展, 传统的故障检测方式已难以满足现代铁路对安全性和效率的高要求。因此, 构建一套高效、可靠的故障诊断及预警系统, 对于提升铁路机车运行的安全性和稳定性具有重要意义。基于此, 论文简要分析了现代铁路机车的主要故障, 并针对现代铁路机车故障诊断的意义以及存在的问题进行了深入探究, 提出了现代铁路机车故障预警系统的构建策略, 以为铁路行业的安全发展提供理论参考和实践指导。

**关键词:** 现代铁路机车; 故障诊断; 预警系统; 分析

## Analysis of Fault Diagnosis and Early Warning System of Modern Railway Locomotive

Jiang Tao

Southwest Jiaotong University Hope College, Chengdu, Sichuan, 610400, China

**Abstract:** Modern railway locomotive fault diagnosis and early warning system as the key technology of railway transportation safety, its intelligent and accurate characteristics in the modern railway system plays a vital role. With the rapid development of science and technology, traditional fault detection methods have been difficult to meet the high requirements of modern railway safety and efficiency. Therefore, it is of great significance to build an efficient and reliable fault diagnosis and early warning system to improve the safety and stability of railway locomotive operation. Based on this, this paper briefly analyzes the main faults of modern railway locomotives, explores the significance and existing problems of fault diagnosis of modern railway locomotives in depth, and puts forward the construction strategy of modern railway locomotive fault warning system, in order to provide theoretical reference and practical guidance for the safe development of railway industry.

**Keywords:** modern railway locomotive; fault diagnosis; early warning system; analyze

## 0 前言

近年来, 中国高度重视铁路运输系统的现代化建设, 出台了一系列相关政策以推动技术进步和安全保障。其中, 《中华人民共和国铁路主要技术政策》明确指出, 要“大力发展安全检测技术, 建立监测、控制和管理决策为一体的高度信息化的安全监控网络”。同时, 该政策还强调“完善并推广机车和车辆故障检测诊断系统”, 并鼓励采用新技术、新材料、新工艺来提高运输设备的可靠性。这些政策为现代铁路机车故障诊断及预警系统的研发与应用提供了有力的支持与指导。

## 1 现代铁路机车的主要故障

### 1.1 机械部件磨损与疲劳

机械部件的磨损与疲劳是机车最常见的故障之一。由于机车长期处于高速、重载的工作状态, 其轮对、轴承、齿轮等关键部件容易因摩擦和应力作用而磨损或疲劳。同时, 轮箍崩裂、轴箱轴承烧损等故障, 不仅会导致机车动力性能下降, 还可能引发严重的安全事故。这些故障往往与机车的运行里程、维护保养情况密切相关。

### 1.2 电气系统故障

电气系统作为机车的“神经中枢”, 其稳定性直接关系到机车的运行安全。由于电气系统结构复杂, 且易受外界环境影响, 因此故障率较高。常见的电气系统故障包括主断路器故障、牵引电动机故障、辅助电气系统故障等。这些故障不仅会导致机车动力中断, 还会引发火灾等严重后果。

### 1.3 制动系统故障

制动系统是机车的重要安全部件, 其性能直接关系到列车的停车准确性和安全性。闸瓦间隙自动调整器故障、各杠杆间的别劲等问题是常见的制动系统故障, 主要由于制动系统长期承受高负荷工作造成的, 且易受外界环境影响, 容易发生故障。这些故障会导致机车制动性能下降, 甚至引发制动失灵等严重后果。

### 1.4 环境与气候因素

现代铁路机车在运行过程中, 还面临着复杂多变的环境与气候因素的挑战。在极端高温或严寒条件下, 机车的冷却系统、润滑系统等会因温度变化而失效。在潮湿或多尘的环境中, 机车的电气系统则会因受潮或污染而引发故障。此外, 恶劣的天气条件还会影响机车的行驶稳定性和安全性。

## 2 现代铁路机车故障诊断的意义

### 2.1 构筑铁路运输安全防线

安全,是铁路运输的生命线。机车作为列车运行的动力源,其任何微小的故障都可能引发连锁反应,导致严重的安全事故。现代铁路机车故障诊断技术,通过实时监测机车的各项运行参数,运用先进的算法和模型对数据进行深度挖掘和分析,可以及时发现机车存在的潜在故障,为维修人员提供准确的故障信息和位置,从而迅速排除故障,确保机车的安全运行。

### 2.2 优化运输效率,降低运营成本

在铁路运输中,机车的运行效率直接关系到列车的准点率和运输能力。机车故障不仅会导致列车晚点,影响运输计划的执行,还会增加额外的维修成本和停运损失。现代铁路机车故障诊断技术,通过提前预警和精准定位故障,可以大大缩短机车的维修周期,减少因故障导致的停运时间,从而提高运输效率。同时,通过对机车运行数据的持续监测和分析,可以优化机车的维护计划,避免不必要的维修和更换,降低运营成本,提高维修的针对性和效率,实现了运营成本的精细化控制。

### 2.3 提升铁路服务品质,增强用户满意度

铁路运输服务品质的提升,离不开机车运行的稳定性和可靠性。机车故障导致的列车晚点或停运,会严重影响旅客的出行体验和货物的及时送达,降低用户对铁路运输的满意度。现代铁路机车故障诊断技术,通过实时监测和预警,可以确保机车在最佳状态下运行,减少因故障导致的服务中断,从而提升铁路服务的整体品质。同时,通过对机车运行数据的深入分析,可以预测列车的运行时间和到达时间,为用户提供更加准确的信息服务,增强用户对铁路运输的信任度和满意度。

### 2.4 推动铁路技术创新与智能化发展

现代铁路机车故障诊断技术的发展,不仅是铁路运输安全的需求驱动,也是铁路技术创新和智能化发展的重要推动力量。随着物联网、大数据、人工智能等先进技术的不断融入,机车故障诊断技术正向着更加智能化、精准化的方向发展。这种技术创新不仅提高了故障诊断的准确性和效率,也为铁路行业的数字化转型和智能化升级提供了有力支撑。通过构建智能化的故障诊断系统,可以实现机车的远程监控、故障预测和自主维护,为铁路行业的未来发展开辟了新的道路。

## 3 现代铁路机车故障诊断存在的问题

### 3.1 数据集成与融合难度大

铁路机车作为一个高度集成的复杂系统,其运行状态涉及机械、电气、热工等多个领域的的数据。这些数据往往分散在不同的系统中,数据格式、采集频率及存储方式各异,这就导致数据集成与融合成为一大难题。这种数据孤岛现象

不仅增加了数据处理的复杂度,也限制了故障诊断算法对全面信息的利用,从而严重影响了故障诊断的准确性和及时性。

### 3.2 故障诊断算法泛化能力弱

尽管当前已开发出多种故障诊断算法,但面对铁路机车故障模式的多样性和复杂性,算法的泛化能力仍显不足。许多算法在特定故障类型上表现良好,但在遇到新类型或复合故障时则可能失效。究其原因主要是因为算法设计时往往基于已知的故障案例,而对于未知或罕见的故障类型缺乏足够的适应性和学习能力。

### 3.3 实时监测与预警系统不完善

有效的实时监测与预警系统是及时发现并处理机车故障的关键。然而,现有系统往往存在监测范围有限、预警阈值设置不合理、报警信息冗余或缺失等问题。这不仅导致故障被忽视或误报,还增加了维修人员的负担,降低了故障诊断的效率和准确性。

### 3.4 诊断标准与流程不统一

由于铁路机车型号众多,各型号机车的故障诊断标准和流程存在差异,这给维修人员的培训和实际操作带来了困难。同时,缺乏统一的标准也导致了故障诊断结果的可比性差,不同维修人员或不同维修站点对同一故障的诊断结论大相径庭,严重影响了维修决策的科学性和有效性。

## 4 现代铁路机车故障预警系统的构建策略

### 4.1 构建基于大数据与机器学习的故障预测模型

在构建现代铁路机车故障预警系统的过程中,相关部门需利用大数据与机器学习技术构建故障预测模型。其核心在于收集和分析大量的机车运行数据,通过机器学习算法挖掘数据中的故障特征,从而实现了对潜在故障的精准预测。实施过程中,相关部门要建立一套全面的数据采集系统,实时收集机车的各类运行数据,包括温度、压力、振动、电流、电压等关键参数。然后,利用大数据处理技术对这些数据进行清洗、整合和存储,构建出机车运行数据的大数据库。接下来,则是运用神经网络、支持向量机、随机森林等机器学习算法,对大数据库中的数据进行训练和学习,构建出能够识别故障特征的预测模型。另外,为了提高预测模型的准确性,还可以采用交叉验证、网格搜索等方法对模型参数进行优化。同时,利用增量学习、迁移学习等技术,不断更新和完善预测模型,以适应机车运行环境的变化和故障模式的演变。

### 4.2 加强多源信息融合与智能决策支持

现代铁路机车故障预警系统需要实现多源信息的融合与智能决策支持,以提高预警的准确性和可靠性。此过程强调将来自不同传感器、不同系统以及不同来源的信息进行整合和共享,通过智能决策支持技术,为维修人员提供全面的故障信息和处理建议。相关部门可以建立统一的信息融合平

台,将来自机车上的各类传感器数据、监控视频、天气信息、历史维修记录等多源信息进行集成和处理。然后,运用卡尔曼滤波、粒子滤波、贝叶斯网络等信息融合算法,对这些信息进行综合分析和判断,以实现潜在故障的精准预警。在智能决策支持方面,则可以开发基于规则推理、案例推理、模型推理等技术的决策支持系统。当系统检测到潜在故障时,可以自动调用相应的决策支持模块,为维修人员提供故障定位、原因分析、处理建议等全面的决策支持信息。

#### 4.3 强化基于物联网的远程监控与故障诊断

物联网技术的快速发展为现代铁路机车故障预警系统的构建提供了新的机遇。通过集成物联网技术,预警系统可以实现远程监控与故障诊断,提高预警的响应速度和诊断准确性。相关部门可以在机车上部署大量的物联网传感器和智能设备,实时采集机车的各类运行数据,并通过无线网络传输至远程监控中心。远程监控中心则利用大数据分析和机器学习技术,对这些数据进行实时处理和分析,实现对机车运行状态的远程监控和潜在故障的精准预警。在故障诊断方面,可以开发基于物联网的远程故障诊断系统。当系统检测到潜在故障时,就能自动调用相应的故障诊断模块,对故障数据进行深入分析,快速定位故障位置,并提供详细的故障诊断报告。维修人员可以通过远程监控中心查看故障诊断报告,并根据实际情况采取相应的处理措施。

#### 4.4 设计可视化与交互式相结合的预警界面

为了提高预警信息的可读性和可操作性,现代铁路机车故障预警系统需要设计可视化与交互式预警界面。通过图形化展示和交互式操作,预警系统可以更直观地展示机车的运行状态和预警信息,使维修人员可以迅速了解机车的运行情况和潜在故障。因此,相关部门需采用仪表盘、热力图、三维模型等先进的数据可视化技术,将机车的运行状态和预警信息以图形化的方式进行展示。同时,设计交互式操作界面,使维修人员能够通过点击、拖拽、缩放等操作,方便的查看预警详情、定位故障位置、调用维修资源等。此外,还可以集成自然语言处理、语音识别等技术,实现预警信息的语音播报和语音交互功能,使维修人员能够更加方便的获取预警信息并采取相应的处理措施。

#### 4.5 开展基于区块链的数据安全与隐私保护

在构建现代铁路机车故障预警系统的过程中,数据的安全与隐私保护是一个不容忽视的问题。区块链技术的引入为数据安全与隐私保护提供了新的解决方案。相关部门需建立基于区块链的数据安全体系,将机车的运行数据、预警信息、

故障诊断报告等关键数据存储在区块链上。区块链的去中心化、不可篡改、可追溯等特性可以确保数据的安全性和完整性,防止数据被恶意篡改或泄露。同时,利用区块链的智能合约技术,相关部门可以实现数据访问的权限控制和审计功能。只有经过授权的人员才能访问和修改区块链上的数据,从而确保数据的隐私性和合规性。

#### 4.6 完成模块化与可扩展的系统架构设计

为了提高现代铁路机车故障预警系统的可维护性、可扩展性和可重用性,构建系统时需要采用模块化与可扩展的系统架构设计。通过模块化设计思想,将系统的功能划分为多个独立的模块和组件,以便于系统的升级、扩展和维护。相关部门可以先确定系统的核心功能和业务需求,然后根据功能需求将系统划分为数据采集模块、数据处理模块、预警决策模块、可视化界面模块等多个独立的模块和组件。每个模块和组件都按照统一的标准和规范进行设计和开发,确保系统的各个部分能够无缝集成和协同工作。同时,在可扩展性方面,可以采用微服务架构、容器化技术等先进技术,实现系统的弹性扩展和快速部署。系统需要增加新的功能或优化现有功能时,对相应的模块和组件进行修改和升级即可,无需对整个系统进行重新设计和开发。

总而言之,现代铁路机车故障诊断及预警系统的构建在保障铁路运输安全、优化运输效率、提升服务品质和推动技术创新等方面都具有深远的意义。随着技术的不断进步和应用的深入拓展,相信未来机车故障诊断技术将在铁路运输领域发挥更加重要的作用,为铁路运输的安全、高效、智能化发展提供有力保障。

#### 参考文献:

- [1] 母金龙.铁路机车柴油机故障诊断系统的设计与实现[D].北京:北京交通大学,2023.
- [2] 田焯.基于二叉故障树的SS4G型电力机车控制回路故障诊断专家系统的研究[D].北京:中国铁道科学研究院,2022.
- [3] 闻俊夫.机车车辆轴承故障诊断系统研究[J].内燃机与配件,2021(21):132-133.
- [4] 杨利国.铁路机车故障诊断及预警系统的研究[J].机械管理开发,2021,36(6):165-166.
- [5] 杨利国.铁路机车设备故障诊断系统的应用研究[J].机械管理开发,2021,36(1):133-134+222.

作者简介:陶江(2004-),男,中国四川南充人,从事现代铁路机车研究。