

地铁车辆典型故障分析及维修模式研究

冯永平

(云南京建轨道交通投资建设有限公司 云南 昆明 650000)

摘要: 地铁的快捷性和舒适性不仅有效改善了广大市民的交通出行,在一定程度上缓解城市交通拥堵,同时也在一定程度上给市民带来极大的便利。随着地铁车辆的长期运行和载客,不可避免地会出现磨损、疲劳、断裂、变形、腐蚀和老化等问题,造成地铁车辆可靠性降低,有时因典型故障造成地铁大面积停运和运营成本增加,甚至造成灾难性后果,严重影响地铁运营和乘客舒适性。为确保车辆快速恢复运行能力和提高运营效率,结合车辆常见的典型故障和国内常见维修模式,通过专业的维修模式延长地铁车辆的使用寿命,确保地铁车辆操作安全,降低地铁的运营成本,提高经济效益。鉴于以上原因,本文对地铁车辆常见故障和维修模式进行分析、探讨,以供一线工作人员参考借鉴。

关键词: 地铁车辆; 典型故障; 维修分析; 模式研究

现阶段我国地铁在绝大部分城市中占有非常重要的角色,在一定程度上大大减轻了道路交通的拥堵,提高乘客出行的便利性。由于地铁车辆运行环境的特殊性和周期限制,与铁路机车车辆相比,地铁车辆的维护检修方面还存在一定的局限性。地铁车辆维护周期和维修模式由车辆运营时间、运营里程和车辆故障等因素决定,地铁车辆的维修质量要求在一定程度上大于机车车辆。因此,传统的车辆维护方法不满足地铁车辆的安全运行标准,车辆检修人员应当进一步分析传统车辆的维修状况和当前地铁车辆的基本维修模式,并积极研究故障修和其他先进的维修方法和技术,以提高当前车辆维修的技术水平和标准。

1 地铁车辆故障分析

按照国内地铁故障发生的情况进行分类,经常出现的故障情况主要有磨损失效、异响、断裂、尺寸不合格、噪音过大、零部件变形等。根据地铁车辆属性进行分类,可以将相关地铁车辆故障分为三种主要类型:破坏性问题、不规则性故障和退化性问题。破坏性故障主要是指设备系统突然失去运行功能导致出现故障。例如,齿轮断裂、联轴节脱落、车钩断裂、制动管路爆裂、车门脱落及脱轨等问题。第二类是不规则故障,即地铁车辆系统缺乏一定的稳定性,这可能会在一定程度上触发地铁车辆严重故障。例如,明明车门是关闭的,但显示系统却显示车门是保持打开状态的;HMI 显示空气制动施加状态,但车辆系统实际处于缓解状态。这些故障都是存在一定的偶然性、不规则性,主要是由于控制系统中存在信息显示失真所致。最后,退化性问题主要是由于车辆系统出现周期性功能逐渐被削弱,甚至提前出现损坏性故障,如轴承失效、橡胶件老化、滤芯、继电器等。

根据车辆故障的影响范围分类,也可以将地铁车辆故障分为两种类型:部分故障和整体系统故障。常见的部分故障包括车门系统导轨偏离、开关尺寸偏移、车钩钩头无法啮合、轮对尺寸超差等,从而影响车辆部件正常工作属性。有些零件可能由于磨损导致车辆出现故障,最常见的故障是钢轨波磨导致轮对尺寸超差,碳滑块磨损严重导致网压不稳或失电。由于地铁车辆在更特殊的环境中运营,易受外部因素的影响,

如果地铁车辆运营中发生故障,会造成一定的经济损失。此外,根据车辆损坏的程度,地铁车辆故障通常分为轻微故障、严重故障和极其严重的故障。轻微故障就是指地铁某些部位存在问题,会导致地铁车辆无法正常运行;严重故障是指地铁车辆操作系统故障或大规模故障,给公司和线网造成一定经济损失。极端性故障主要是隧道坍塌或多车脱轨导致行车中断,车辆遭受严重破损故障或重大经济损失。

2 地铁车辆检修模式现状

目前,虽然各城市的车辆维修模式不统一,但基本上都是采取运营时间或里程修方式,大体上还是一致的。例如,表 1 中某地铁车辆维修模式,在这种运营检修模式下,车辆维修主要包括计划性维修、故障性维修。计划性维修通常包括一般计划性维修、系统修、专项检查、巡检等,这可以是预防性或定期性维护,常见的维修模式为日检、月检、定修、架修和大修。故障性维修又称临修,主要是指地铁车辆运行时某个部件的突然故障,这些故障必须及时做好修复工作,以确保地铁安全有效运行,常见的有库内临修和正线临修。目前国内传统检修模式存在一定的局限,存在欠修、过修的缺点,同时在对所有车辆采用相同的维修模式,会造成车辆、劳动力、材料等的浪费,因此需要研究更好的维修模式来进一步改进地铁检修现状,如表 2 中传统检修与系统修模式对比。

3 地铁车辆检修模式应用建议

结合国内外地铁维修模式的经验,建议地铁车辆采用动态维修模式。在维修人员技能不均衡、车辆状态不稳定的初期运营,采用计划修+故障修的模式;后期运营时机成熟时,采用状态预防维修为主,多种维修方式并存的模式。

表 1 某地铁车辆维修模式

修程	检修周期	停修时间	库停时间
大修	120 万 km	36 天	30 天
架修	60 万 km	24 天	18 天
定修(含年检、半年检)	15 万 km	8 天	6 天
三月检	3 万 km	2 天	2 天
双周检	5000km	0.5 天	0.5 天

表 2 传统检修与系统化检修对比

项点	传统年检模式	系统修	备注
人员配置	组织架构庞大，管理层级多，人车比 4-5 人	组织架构简单，一岗多责，人车比 3 人	
检修物料	一致	一致	
工艺设备	检修工具、设备采取分批配置，部分系统维修采取委外模式，前期投入较少。	检修工具、设备需一次性配置到位，系统部件，前期投入较大。	
生产组织	扣修时间为 19.5-27.5 天	扣修时间为 12-18 天	
	列车每年调车次数 24 次	列车每年调车次数 12 次	
	初期列车配属 40 列	初期列车配属 36 列	
检修成本	高	低	
检修可靠性	低	高	

以达到降低检修成本和周期，提升运营水平。

3.1 灰色局势决策技术应用

灰色系统理论在灰色局势下地铁车辆维修技术中的应用，主要是利用系统中完全确定的白色信息来进一步有效控制系统的不完全或不确定性信息及问题。当应用于地铁车辆的物理维护策略时，其具有一定的定性和定量作用。因此，灰色系统理论被用来评估各种技术指标的可比性和维修计划的互补性是否满足要求。在相关统计的基础上，通过分析基于系统的多目标决策技术，设计并应用了灰色决策方法。换句话说，地铁车辆可以检测和控制设备所在的每个区域中的效果，并且对效果数据的分析得出应用的效果目标是否是可接受的结论。

3.2 逻辑决断图技术应用

关于地铁车辆检测技术的逻辑决策有特定的表达形式以及设计要求，需要相对应的特定设计，但设计和应用概念是相同的。例如，如果车辆的控制系统出现问题，维护人员不仅要维修控制模块，还要调查与控制系统相关的线路及关联设备原因，以便采取适当的控制及维修策略。如果地铁车辆的设备不能正常工作，根据实际故障程度选择合理的解决方案。如果重要设备严重故障影响运营安全，就需要紧急抢修，并在此过程中定期检查和维修。后期对于不太严重的问题，只需要一个后续为维护策略来维持当前状态和执行某些命令，从而进一步有效保障地铁的安全高效运行。

3.3 状态监测及诊断系统应用

随着大数据的崛起和状态监测技术日益成熟，地铁车辆大多数都配备有现代信息管理系统，这些系统汇集车辆运行日志、重要部件寿命数据、频率、温度和重要故障数据等，通过在途监测显示器预警并提供故障处置指导，监测数据回传至地面控制平台进行数据整理、状态趋势分析、故障隐患挖掘等（见图 1），并使用灰色和逻辑决策相结合的技术进行有效特殊处理和预警。从而进一步使得相关维护更集中、更准确、更高效，避免了出现频繁、高风险的故障。如果运

行状态数据异常，其会立即向监测平台发送警报，控制中心在收到系统警报后迅速做出决定，对可能发生故障的车辆进行针对性处置，在车辆故障发生前安全有效地消除事件（事故）隐患。信息系统还可以基于车辆的实际运行状况和来自大量故障的数据分析定位，并提供诸如“FMEA 判断方法”之类的维护建议，相关维护人员将根据维护指令和现场实际情况决定维护流程和方法。维护人员随时掌握运营列车的关键部件安全状态、潜在故障隐患等信息，由被动安全走向主动安全，为预防修及故障修向状态修转型和提供基础支持，有利于降低检修成本和提高运营安全保障能力，保证城市轨道交通的安全、可靠、高效运营。

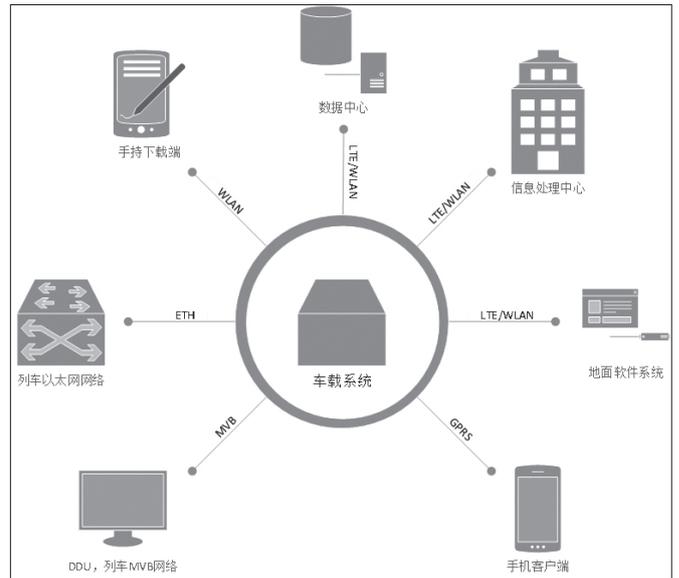


图 1 状态监测系统组成

4 结语

城市轨道交通车辆作为市民交通出行的主要交通工具，关系着千千万万的生命，须对地铁车辆的故障分析以及维修技术给予足够的重视。维修人员要结合地铁车辆的运行环境以及运行情况，分析地铁车辆故障的发生频率以及问题根源，高度重视故障资料的采集、分析与处理，对车辆的状态做到清晰的掌控，选择科学合理的检修策略，做出合理的检修方案，最大力度的消除地铁车辆的潜在隐患，同时在最大的程度上降低企业的检修成本，提高维修工作的经济性、针对性和有效性，确保地铁车辆的安全运行，提高其安全性和可靠性。

参考文献：

[1] 王蔚. 车辆部件委外维修模式对地铁车辆段设计的影响[J]. 中国勘察设计, 2020, 329(02):99-101.
 [2] 沈鲤庭. 基于状态监测的地铁车辆车门系统维修模式探讨[J]. 现代城市轨道交通, 2019(10):33-36.
 [3] 陈佳. 上海地铁车辆架大修维修能力评估及优化建议[J]. 科技创新导报, 2020, 000(009):70-73.

作者简介：冯永平（1984.10-），男，汉族，本科，中级工程师，研究方向：轨道交通地铁车辆。