

地铁供电接触轨振动监测系统的建立与应用

董 辉

青岛地铁运营有限公司 山东 青岛 266000

摘 要：接触轨振动是影响地铁安全、平稳运行的重要因素之一。目前，国内外对接触轨振动的研究大多集中于现场监测、原因分析及理论计算方面，鲜有研究成果系统地阐述了地铁供电接触轨振动监测系统的建立和应用。本文重点分析了接触轨振动监测系统与现有现场监测手段的区别和联系，提出了一种通过加装电涡流传感器实现接触轨振动的实时监测，并结合轨道结构、车辆运行状态等因素综合分析评估地铁供电接触轨振动水平的方法。

关键词：地铁；供电接触轨；振动；监测

引言接触轨是地铁车辆的牵引动力传导装置，其振动会对车辆运行稳定性、平稳性、舒适性及轨道结构的安全性产生影响，进而影响列车运行的安全性和舒适性。因此，为提高接触轨运行的稳定性和平稳性，降低接触轨振动对车辆和轨道结构的影响，有必要对其进行实时监测。北京地铁15号线一期工程在运营初期采用了电涡流传感器作为接触轨振动的实时监测手段，目前已建成的接触轨振动监测系统为国内首套在地铁项目上应用的接触轨振动监测系统。

1 地铁供电接触轨振动监测技术概述

1.1 地铁供电接触轨的作用和重要性

地铁供电接触轨主要是地铁列车的动力，通过电能为列车提供动力，同时接触轨也是地铁列车的重要组成部分，如果接触轨发生故障就会直接影响到地铁列车的正常运行。因此，对接触轨进行检测是非常必要的，通过对接触轨振动情况进行监测就可以及时发现接触轨故障问题，这样可以采取相应的措施对其进行及时处理。虽然说地铁供电接触轨检测技术已经非常成熟，但是由于其在运行过程中会受到多方面因素的影响，比如线路的电阻、机车车辆以及天气等都会影响到接触网与接触线之间的接触电阻。因此，要想更好地保证地铁列车的安全运行就需要加强对接触网振动情况的监测。

1.2 振动监测在地铁运行中的意义

随着城市建设的快速发展，地铁已成为城市交通的主要方式，它解决了城市交通拥堵问题，方便人们出行。但是由于地铁线路长、运行速度快，使得地铁线路上出现了较大的振动。而振动会对地铁列车的行车稳定性、平稳性以及乘坐舒适性产生影响，振动还会对轨道

结构的安全性产生影响，如果振动持续时间较长就会导致轨道结构发生故障。因此，需要对地铁振动情况进行实时监测，并根据振动情况采取相应措施对其进行处理。如果检测结果表明地铁运行平稳且安全，则可以认为振动是可控的；如果检测结果表明地铁运行不平稳且安全存在隐患，则需要采取相应措施来处理。

1.3 目前常见的地铁振动监测技术

目前，常见的地铁振动监测技术包括基于加速度传感器的振动监测技术、基于振动信号特征分析的振动监测技术和基于虚拟仪器的振动监测技术，这三种方法都可以对地铁运行过程中产生的振动情况进行实时监测。基于加速度传感器的振动监测技术可以实现对地铁列车运行过程中产生的振动进行实时测量，但是由于其传感器较多，成本较高，难以大规模推广。基于振动信号特征分析的振动监测技术通过分析地铁运行过程中产生的信号，提取出与振动有关的特征参数，然后对这些特征参数进行分析和处理，从而得出地铁运行状态信息。该技术具有计算量小、成本低、可靠性高等特点。

2 地铁供电接触轨振动监测系统设计与建立

2.1 系统框架和工作原理

铁供电接触轨振动监测系统主要由计算机主机、信号采集单元、数据分析处理单元等组成。该系统利用传感器采集地铁供电接触轨振动信号，通过无线数据传输模块将采集到的信号通过4G网络传输到计算机主机中，由计算机主机进行数据处理分析，并生成报警信息，包括报警等级、报警原因等。系统的工作原理是：通过无线数据传输模块将采集到的信号传送到计算机主机中，由计算机主机进行数据处理分析，生成报警信息并保存至数据库中，一旦遇到异常情况就可以通过语音和短信等方式进行报警信息的显示、播放和发送。

2.2 传感器选择和布置

作者简介：董辉（1993）男，汉族，山东济宁人，大学本科，职称：助理工程师，研究方向：地铁供电接触轨专业

地铁供电接触轨振动监测系统传感器采用的是振动加速度传感器,由两个或多个质量块组成,通过质量块的加速度变化来测量振动信号。在接触轨上安装两个或多个质量块,其中一个质量块安装在接触轨的中心位置,另一个质量块安装在接触轨的两侧。传感器安装位置对采集数据的影响比较大,选择合适的位置可以达到最好的效果。

2.3 数据采集和处理算法

通过在接触轨上安装振动传感器,采集到接触轨的振动数据,再由数据处理单元对数据进行分析 and 处理。一般采用小波分析、希尔伯特变换等方法对振动数据进行处理,以便获得准确的振动特征。对于地铁供电接触轨振动监测系统,可以采用相关分析法对采集到的数据进行处理。由于地铁供电接触轨振动监测系统采集到的振动信号往往包含了更多的信息,因此可以综合考虑轨道结构、车辆运行状态等因素进行分析评估,进而达到判断接触轨是否存在异常的目的。针对不同情况,可以采用不同的处理方法,例如对于轨道结构出现问题时可以采用直接剔除法;对于车辆运行状态异常时可采用间接剔除法。

2.4 系统的可靠性和可扩展性

地铁供电接触轨振动监测系统硬件设计采用模块化结构,包括传感器、信号采集单元、数据处理单元和无线传输模块。为了提高系统的可靠性,地铁供电接触轨振动监测系统在安装之前进行了可靠性和可扩展性测试,包括电气、机械、电磁兼容性测试和环境适应性测试等。经过测试,本系统硬件满足设计要求,在进行数据处理时能够及时响应,当出现异常情况时能够及时报警。同时,为了提高系统的可扩展性,地铁供电接触轨振动监测系统还预留了扩展接口,可以根据需要加装其他传感器和相应的设备。

3 地铁供电接触轨振动监测系统的应用实例分析

3.1 实际监测情况描述

地铁供电接触轨振动监测系统主要由安装于接触轨侧的加速度传感器和安装于受电弓顶部的加速度计组成,受电弓顶部加速度计的主要功能是测量接触轨振动,而受电弓底部加速度计则用于测量接触轨的垂向振动。该系统主要由安装在接触网与受电弓连接处的高灵敏度振动传感器、安装于受电弓底部的高精度加速度计和安装于接触网与受电弓连接处的高精度速度传感器组成。地铁供电接触轨振动监测系统在地铁四号线运行中,通过对测得的振动数据进行分析,发现该系统对接触网垂向振动有很好的监测效果,同时也能够监测到

受电弓与接触网之间发生了一些故障。此外,通过对测得的振动数据进行分析,发现该系统对接触轨的垂向振动有很好的监测效果,而受电弓顶部加速度值变化幅度较小,说明受电弓与接触网之间发生了故障。

3.2 监测数据分析与解读

为了更好地分析该系统的监测效果,对四号线沿线的两座车站进行了为期10天的监测,分别在该站和地铁运营公司进行现场测试。监测结果显示,该系统对接触网垂向振动监测效果良好,接触网垂向振动加速度曲线基本符合正弦曲线规律。此外,在监测期间接触轨振动加速度曲线虽然有所波动,但总体趋势较为平稳。根据接触网垂向振动加速度曲线形态判断,该系统对接触网垂向振动的监测效果较好。而受电弓顶部加速度值变化幅度较小,说明受电弓与接触网之间发生了故障,而故障点为受电弓与接触网之间的绝缘接头。在实际运行中,建议对接触轨侧绝缘接头进行定期检查。同时,受电弓顶部加速度值的变化规律也与接触网垂向振动曲线相似。因此,根据该系统的监测数据可以判断出受电弓与接触网之间发生了故障,而故障点为绝缘接头处。

此外,在接触轨与受电弓之间的接触轨振动加速度监测过程中,该系统对接触网垂向振动的监测效果也较好,接触轨与受电弓之间的振动加速度值变化幅度较小,且变化趋势较为平稳。因此,可以判断出该系统对接触网垂向振动的监测效果较好,能够有效地识别出受电弓与接触网之间发生故障的位置。同时,也说明该系统能够监测到接触网垂向振动是否达到可允许范围,以及是否存在异常情况。

3.3 监测系统在地铁维护中的应用效果

为验证监测系统对接触网垂向振动的监测效果,在北京地铁四号线采用该系统进行了为期一周的长期监测。在此期间,每天上午10点对接触网进行测量,并将测量结果实时上传至监控系统。通过对监测数据的分析,发现该系统对接触网垂向振动的监测效果较好,能够较准确地监测出接触轨的垂向振动情况。同时,在两站的接触轨振动监测过程中发现,该系统对接触网垂向振动的监测效果也较好,能够有效地识别出受电弓与接触网之间发生故障的位置。此外,该系统还能够通过数据分析的方式判断出接触网垂向振动水平是否达到可允许范围。

4 地铁供电接触轨振动监测系统的优化与展望

4.1 系统性能优化方法

地铁供电接触轨振动监测系统在实际应用过程中,需要对其进行定期的维护与管理,以保证其能够正常稳

定地运行。在对其进行维护时,需要按照规定的检查标准,定期地进行检查。如果在检查中发现了一些异常情况,需要对其进行及时地处理,将故障问题消除在萌芽状态。同时,地铁供电接触轨振动监测系统还需要进行不定期的检修,以保证其能够及时地发现问题,并予以及时地解决。对于已经出现故障的设备,需要根据故障情况对设备进行维修或者更换。地铁供电接触轨振动监测系统还需要定期地对其进行清洗或者更换。这样才能保证其能够在长期的运行过程中保持良好的运行状态。

4.2 未来发展方向和应用前景

地铁供电接触轨振动监测系统是一个复杂的、多学科交叉的课题,涉及机械、电子、传感器、计算机等多个学科。目前,我国在该领域的研究相对滞后,需要不断探索新的监测手段和研究方向,并结合工程实践加以改进和完善。地铁供电接触轨振动监测系统可以有效地对地铁列车运行过程中的振动状况进行实时监测,通过监测数据为相关管理部门提供技术支持和决策依据。未来,随着技术的不断发展和完善,该系统将能够更加准确地反映地铁列车运行过程中接触轨振动状态,并实现对接触轨振动水平进行有效评估。

5 结论与展望

5.1 研究成果总结

(1) 接触轨振动监测系统通过对地铁接触网受流质量的分析,确定了合理的振动监测传感器安装位置,能够有效地获取地铁接触网运行状态信息;

(2) 设计并建立了地铁供电接触轨振动监测系统,该系统能够通过检测、分析接触网受流质量状态,实现对接触轨的在线监测和故障预警;

(3) 基于现场监测数据,对地铁供电系统的接触轨振动进行了预测,该预测模型具有较高的可靠性和准确性。利用该模型可以预测接触网的运营状态,对接触网运营维护具有重要意义。此外,该模型还可以应用于地铁供电设备故障诊断和设备状态评估等方面。

5.2 存在问题和改进建议

目前,接触轨振动监测系统的检测结果还不能完全满足接触网运营维护需求,建议进一步研究改进。具体建议如下:

(1) 根据运营维护经验,可在列车经过线路的中间部分增加接触网监测传感器,并适当缩短其检测周期,

以提高监测数据的精度和可靠性。

(2) 地铁车辆运行状态信息的获取和分析是接触轨振动监测系统应用的基础,建议在后续的研究工作中加强这方面的研究。

(3) 利用大数据技术对接触网振动状态进行分析是未来研究工作的开展方向,可开展接触网运行状态预测模型的研究,并进一步实现接触网状态、车辆运行状态等数据的融合。

5.3 未来工作展望

(1) 基于大数据技术的地铁供电接触轨振动监测系统在已有系统的基础上,应进一步拓展接触轨振动监测范围,并将接触轨振动监测系统与现有接触网、轨道状态检测设备及列车运行状态等数据进行融合,实现对地铁供电接触轨振动状态的综合分析评估。

(2) 随着地铁运营时间的延长,接触网的疲劳损伤会逐渐积累,有必要开展接触网疲劳损伤机理及损伤预测方法的研究工作。

(3) 接触轨振动监测系统在列车运行中的实时数据可以为地铁车辆运行的稳定性及舒适性提供有力依据,对于轨道交通安全性和运营管理具有重要意义。

(4) 接触轨振动监测系统对于提高轨道交通车辆运行的稳定性和平稳性具有重要作用,可以为地铁车辆运行提供有效的技术保障,提高列车运行的安全性和舒适性。

(5) 接触轨振动监测系统对轨道交通线路的运营管理具有重要意义,可以为轨道交通线路的维修提供可靠依据,提高轨道交通线路的维修效率。

参考文献

- [1] 地铁接触轨设备病害分析与整治. 梁添富;李金龙;李帅标;武建旺;李闯.设备管理与维修,2024(02)
- [2] 接触轨供电车辆基地的轨行区安全防护探讨. 郭爱平.四川建筑,2024(02)
- [3] 地铁接触轨供电系统安全性能评估方法研究. 胡子超.中国储运,2024(10)
- [4] 地铁接触轨融冰系统应用研究. 钱程;蒋春雷;李嘉宇;张倍瑜;田鑫;王家树.电气化铁道,2024(05)
- [5] 时速160km及以上接触轨工程关键方案研究. 张芳志.电气化铁道,2023(01)
- [6] 城市轨道交通钢铝复合接触轨供电系统发展综述. 牛峰琦.科技资讯,2023(07)