

铁路计轴车轮传感器技术创新方向浅析

赵宝亮¹ 姜山²

1. 成都铁路通信设备有限责任公司 四川 成都 610000

2. 通号(西安)轨道交通工业集团有限公司北京分公司 北京 100071

摘要: 计轴车轮传感器作为铁路信号系统的关键组件,对于保障列车运行的安全与效率具有重要的作用。随着铁路技术的不断进步和市场需求的变化,计轴车轮传感器的发展方向逐渐清晰。本文旨在分析当前计轴车轮传感器的发展现状,并从技术创新、多功能、智能化与自动化、可持续发展等维度,探讨铁路计轴车轮传感器的未来发展趋势,为车轮传感器的研发与应用提供参考。

关键词: 计轴车轮传感器;发展现状;技术创新;智能化与自动化

1 引言

铁路计轴车轮传感器通过检测车轮通过的数量,实现区段占用检查功能。随着高速铁路的普及、城市轨道交通的快速发展以及智能驾驶技术的兴起,对铁路计轴车轮传感器的性能要求日益提高。因此,明确其发展方向,对于推动铁路信号技术的进步和保障铁路运输的安全具有重要意义^[1-2]。

2 现状分析

2.1 探测技术方面

当前,铁路计轴车轮传感器主要采用电磁感应原理,将车轮通过时产生的磁场变化转换为电信号的变化来实现车轮的探测,经过几十年的发展,此类技术已经非常成熟,但在复杂环境下的抗干扰能力和检测精度仍有提升空间。铁路沿线存在各种复杂的电磁信号,如电力系统的电磁波、车载设备的信号等,可能会干扰传感器的正常工作,导致检测结果不准确^[3]。因此当前单一的探测技术仍存在短板。

2.2 功能方面

当前,主流的铁路计轴车轮传感器在功能上相对较为单一,主要局限于基础的车轮探测。这些传感器的工作原理相对直接,即通过感应车轮经过时磁场的变化,并将这种物理变化精准地转化为电信号的变化,从而实现车轮通过情况的监测与记录^[4]。然而,随着铁路交通系统的不断发展和完善,铁路部门对于轨道监测的精度、实时性以及智能化水平的要求也在日益提升。

在这样的背景下,现有的铁路计轴车轮传感器逐渐显露出其局限性。尽管它们在车轮探测方面表现出色,但面对客户日益增长的多样化功能需求,如对于车轮磨

损程度的实时监测、对列车速度及加速度的精确测量、对轨道状态的综合评估等^[5],这些传统传感器就显得力不从心。客户不再满足于仅仅了解车轮是否通过,而是希望传感器能够提供更加丰富、全面的数据支持,以便更好地保障铁路运行的安全性和效率。

因此,可以说现有的铁路计轴车轮传感器已经不能完全满足铁路部门及广大客户对于多样化功能的迫切需求。这要求相关研发机构和企业必须加大技术创新力度,开发出功能更加全面、性能更加优越的铁路计轴车轮传感器,以适应铁路交通系统不断升级的发展趋势。

2.3 技术应用方面

当前,主流的铁路计轴车轮传感器均是基于钢轮钢轨制式所研制,其探测距离以及安装方式等也是为了满足钢轮钢轨制式的需求,但随着铁路交通技术的发展,已经出现了很多的非钢轮钢轨制式的列车,比如磁悬浮、跨座式单轨、悬挂式空轨、红轨以及比亚迪云巴等。红轨如下图1所示,这些新型的轨道交通方式已经没有了传统意义上的车轮,由于车身结构的特殊性,对传感器提出了更高的要求,比如更远的探测距离、更简单的安装维护等,而现有的传感器已经越来越难以满足这些新型车辆的检测要求。



图1 新型轨道交通方式红轨示意图

第一作者简介: 赵宝亮(1985),男,高级工程师,研究生,通信信号,345445067@qq.com。

3 技术发展方向预测

3.1 更高的可靠性

随着铁路运载能力提升、车速的不断提高以及车辆种类的增多,导致轨旁的电磁环境越来越复杂,对计轴车轮传感器提出了更高的准确性和可靠性的要求。传感器需要能够在各种复杂环境下准确检测车轮,包括高速运行、曲线段、不同轮缘厚度等情况,要求传感器具备较高的抗干扰能力,防止外部信号干扰导致的误判。例如可以借助计算机仿真技术,对感应线圈匝数、结构尺寸、线圈的空间布局等方面进行优化。为了提高传感器在复杂电磁环境下的抗干扰能力,未来可能研发具有自适应校准功能的传感器,这类传感器能够实时监测自身状态并进行自动校准,确保测量数据的准确性。未来可能会大量采用数字滤波技术,利用自适应滤波算法,根据实时的环境干扰情况自动调整滤波参数,对传感器采集到的原始信号进行处理,去除噪声和干扰成分,以达到最佳的滤波效果^[6]。

3.2 复合传感技术

鉴于目前越来越复杂的电磁环境和新型的轨道交通方式的多样化,现有的基于电磁感应技术的传感器已难以满足需求,因此,复合传感技术将成为重要发展方向。通过将多种传感器(如速度传感器、激光传感器、压力传感器、振动传感器、超声传感器等)集成于一体,实现多参数的同时测量,以达到各种传感技术优势互补的目的,可以大大提高系统的整体性能和可靠性。可能进行多技术融合,将计轴车轮传感器与其他检测技术如轨道电路、卫星定位等相结合,实现多源数据融合,提高检测的准确性和完整性。同时开发先进的数据融合算法,将来自不同检测技术的信息进行整合和分析,例如采用加权平均、卡尔曼滤波等方法,综合考虑各种检测数据的可信度和精度。

3.3 多功能集成化

单一功能的传感器,在日益复杂多变的现代铁路系统中,已逐渐显现出其在满足多元化需求方面的局限性。为了应对这一挑战,并充分利用传感器安装在钢轨上这一得天独厚的优势位置,我们可以积极探索在现有单一车轮探测功能的基础上,进一步拓展和集成更多的功能,从而将其升级为一个功能全面的轨旁综合传感系统。

这一综合传感系统不仅能够继续发挥其在车轮探测方面的核心作用,还能够通过技术创新和资源整合,实现一系列新的监测与检测功能。例如,我们可以扩展钢轨电气折断检测功能,通过监测钢轨内部电信号的异常变化,及时发现并预警潜在的钢轨断裂风险,确保列车

运行的安全。同时,增加轴温检测功能,对列车车轮轴承的温度进行实时监测,有效预防因轴承过热而导致的故障,提升列车的运行可靠性。

此外,车号识别功能的加入,将使系统能够自动识别和记录经过的列车车号,为铁路部门的调度和管理提供更为便捷和准确的信息支持。而轨旁环境监测功能,则涵盖了环境温度、钢轨压力以及钢轨振动等多个方面,通过对这些关键参数的持续监测和分析,铁路部门可以更加全面地掌握轨道状态,及时采取维护措施,延长轨道使用寿命。

车速检测功能的实现,将进一步丰富系统的监测维度,为铁路交通的安全管理和效率提升提供有力保障。通过综合应用这些多样化的功能,我们可以最大程度地扩大车轮传感器的效能,使其在现代铁路系统中发挥更加重要的作用。这不仅有助于提升铁路交通的智能化水平,还将为铁路行业的可持续发展注入新的活力。

3.4 传感器专用化

随着新型轨道交通方式的兴起,现有的传感器由于探测距离和安装方式的限制已经不能满足其需求,因此,迫切需要针对每种新型轨道方式独特的运行特性、环境条件和安全标准,研制专用的高精度、长距离、强抗干扰能力的传感器。这些传感器需具备快速响应、高精度测量、低功耗运行以及智能化数据处理等功能,以确保能够实时监测轨道状态、车辆位置、运行速度及潜在故障,为轨道交通系统的安全高效运行提供坚实的技术支撑^[7]。

同时,为了适应不同轨道结构和空间限制,还需设计与之相匹配的专业安装夹具。这些夹具不仅要确保传感器能够稳固可靠地安装在轨道,能够承受振动、冲击等动态载荷,还要便于安装维护,减少对正常运营的影响,并且在必要时能够快速更换或调整传感器位置,以满足灵活多变的检测需求。

3.5 智能化

智能化是未来计轴车轮传感器的重要发展方向。通过引入物联网、大数据、人工智能等技术,实现传感器的远程监控、故障诊断、数据分析和智能调度等功能。智能化传感器不仅能够实时传输数据至控制中心,还能根据预设算法进行自主判断和决策,提高传感器的自动化水平和安全性,也可以利用大数据分析技术,挖掘传感器数据中的潜在价值,为铁路运营提供决策支持。例如,利用深度学习算法对传感器数据进行深度挖掘和分析,可以及时发现潜在的安全隐患并采取相应的预防措施^[8]。开发具有自适应、自学习能力的智能传感器,使其

具备自诊断、自校准和自适应功能，能够实时监测自身状态，根据环境变化自动调整工作参数，可以进一步提高系统的可靠性和可用性。

3.6 绿色环保设计

在传感器设计和生产过程中注重绿色环保和可持续发展已成为行业共识。未来计轴车轮传感器将采用低能耗、无污染的材料和工艺，降低生产过程中的环境污染和资源消耗，例如采用耐高温、耐腐蚀、高弹性的新型材料制造传感器外壳和内部零件，可以显著提高传感器的使用寿命和稳定性。同时通过优化传感器结构和提高能效比，减少传感器在使用过程中的能耗和碳排放。

3.7 可回收利用性

为了提高资源的利用效率并显著降低废弃物对自然环境的不良影响，未来铁路计轴车轮传感器的设计与制造将愈发注重其可回收利用性，这一趋势旨在构建更加绿色、可持续的铁路交通系统。为了实现这一目标，设计师们将采取一系列创新策略，确保传感器从生产到废弃的全生命周期内，都能尽可能地减少对环境的影响。

模块化设计是其中的关键一环。通过将传感器拆分为多个独立的、功能明确的模块，不仅便于在维修或更换时快速定位问题部件，减少不必要的整体更换，还使得各个模块在寿命结束后能够更容易地被分离出来，进行单独的回收和处理。这种设计思路极大地提高了传感器的可维护性和可升级性，同时也为资源的循环利用提供了便利。可拆卸结构同样至关重要。通过采用易于拆卸的连接方式和紧固件，传感器在拆解过程中能够减少损坏风险，确保零部件的完整性和再利用价值。这不仅有助于降低废弃物的产生量，还能促进零部件在维修或升级过程中的再利用，进一步延长产品的生命周期。

此外，选用可回收材料也是实现传感器绿色设计的重要一环。随着材料科学的不断进步，越来越多的高性

能、可回收材料被开发出来，它们不仅能够满足传感器对强度、耐候性和电磁兼容性等严苛要求，还能在废弃后通过适当的回收工艺，转化为新的原材料，从而减少对原生资源的依赖和环境的负担。

4 结论与展望

综上所述，未来随着技术的不断进步和铁路运输行业需求的变化，车轮传感器将向更高可靠性、智能化、多技术融合和更高环保性的方向发展。面对发展过程中的挑战，需要铁路行业、科研机构和相关企业共同努力，加强合作与创新，推动计轴车轮传感器技术的不断进步，为铁路运输的安全和高效发展提供有力支持。

参考文献

- [1]王力.计轴设备在轨道交通信号领域的应用[J].铁道通信信号,2011,47(01):20-22.
- [2]刘颖.列车计轴器和传感器[J].国外铁道机车与动车,2017,(3):8-10.
- [3]朱发林,吴沛轩,孙晓伟.市域快轨信号计轴设备受扰故障案例分析与对策研究[J].铁道通信信号,2024,60(4):64-69.
- [4]王翔.电磁式计轴传感器技术[J].电工材料,2019,(2):25-28.
- [5]何朴珈.应用计轴技术解决轨道电路分路不良问题[J].铁道运营技术,2009,15(1):10-12.
- [6]王千.基于硬件在环的计轴系统电磁兼容仿真平台研究[D].北京交通大学,2021.
- [7]弓剑.各类电子式计轴设备工程应用浅析[J].铁道通信信号,2011,47(6):34-37.
- [8]傅明华.基于计轴系统的城轨交通信号系统道岔区段占用检查安全性分析研究[J].现代城市轨道交通,2022,(11):95-99.