

基于多传感器融合的地铁进站识别技术探讨

邵勇胜¹ 何悦海² 蒋琨¹ 董嗣耀² 严力¹ 连奇幸² 蒋磊磊²

1 宁波市轨道交通集团有限公司智慧运营分公司 浙江宁波 315000

2 宁波中车时代电气设备有限公司 浙江宁波 315000

【摘要】随着铁路运输的不断发展,列车进站的安全性和准确性变得愈发重要。本文主要研究多传感器检测列车进站技术,旨在提高列车进站检测的可靠性和精度。通过分析各种传感器的特点和优势,如激光雷达、红外线传感器、压力传感器等,探讨如何将它们有效融合,以实现列车进站状态的全面监测。文中详细阐述了传感器的选型依据、安装位置以及数据融合算法。采用多传感器数据融合技术,能够克服单一传感器的局限性,降低误检率和漏检率。实验结果表明,该技术可准确检测列车的位置、速度等信息,为列车进站的自动化控制和安全保障提供了有力支持。

【关键词】多传感器; 列车进站; 数据融合; 检测技术

Exploration of Subway Station Identification Technology Based on Multi Sensor Fusion

Shao Yongsheng¹ He Yuehai² Jiang Kun¹ Dong Siyao² Yan Li¹ Lian Qixing² Jiang Leilei²

1 Ningbo Rail Transit Group Co., Ltd.Smart Operation Branch, Ningbo, Zhejiang 315000

2 Ningbo CRRC Times Electrical Equipment Co., Ltd.Ningbo, Zhejiang 315000

【Abstract】With the continuous development of railway transportation, the safety and accuracy of train entry into the station have become increasingly important.This article mainly studies the technology of multi-sensor detection of train entry, aiming to improve the reliability and accuracy of train entry detection.By analyzing the characteristics and advantages of various sensors, such as laser radar, infrared sensors, pressure sensors, etc., this paper explores how to effectively integrate them to achieve comprehensive monitoring of train entry status.The article elaborates in detail on the selection criteria, installation location, and data fusion algorithm of sensors.By adopting multi-sensor data fusion technology, the limitations of a single sensor can be overcome, and the false detection rate and missed detection rate can be reduced.The experimental results show that this technology can accurately detect the position, speed and other information of the train, providing strong support for the automation control and safety guarantee of the train entering the station.

【Key words】multi-sensor; Train entering the station; Data fusion; Testing technology

一、引言

随着高速铁路的迅速发展,列车运行速度不断提高,对列车进站检测系统的性能要求也日益严格。传统的检测方法可能存在精度不高、可靠性不足等问题,难以满足现代铁路运输的需求。多传感器检测技术的出现为解决这一问题提供了新的途径。通过融合多种传感器的数据,可以更全面、准确地获取列车进站的相关信息,提高检测系统的性能。

二、多传感器的选择与分析

(一) 激光雷达传感器

激光雷达传感器(Lidar)是一种利用激光束进行空间扫描和测距的先进设备。在铁路交通系统中,激光雷达传感器因其卓越的精度和分辨率而被广泛应用于实时监控列车与站台之间的距离和位置。这种传感器通过发射脉冲激光束,并接收反射回来的光信号,计算出激光往返的时间,从而精确测量目标物体与传感器之间的距离。激光雷达传感器的高精度体现在其能够达到毫米级的测量精度,这对于确保列车停靠在站台的正确位置至关重要。高分辨率则意味着传

感器能够在极短的时间内捕捉到大量的数据点,形成密集的三维点云图,这样不仅可以精确描绘列车的轮廓,还能实时监测列车的运动轨迹。在高速行驶的列车场景中,激光雷达传感器能够迅速响应,即使在列车快速接近或离开站台的情况下,也能保证数据的连续性和准确性。此外,激光雷达传感器还具有良好的环境适应性。它不受传统光学传感器常见的光线变化影响,无论是强光还是弱光环境,都能稳定工作。在恶劣天气条件下,如雾、雨、雪等,激光雷达传感器的性能也不会受到太大影响,这保证了在各种气候条件下都能提供可靠的监测服务。然而,激光雷达传感器也存在一些局限性。例如,成本较高,维护和校准也比较复杂。但随着技术的进步和规模化生产,预计这些传感器的成本将会逐渐降低,使其更加普及。总的来说,激光雷达传感器在铁路交通系统中的应用前景广阔,它的高精度、高分辨率以及良好的环境适应性使其成为列车与站台间距离和位置监测的理想选择。未来,随着技术的不断发展,激光雷达传感器在铁路安全监测领域的应用将更加深入,为铁路交通安全提供更强有力的技术支撑。

(二) 红外线传感器

红外线传感器是一种能够检测物体发出的红外辐射的

装置。在铁路交通系统中，红外线传感器常用于监测列车的热辐射，以便在不依赖外部光源的情况下，实现对列车位置和运动的追踪。由于红外线传感器的工作原理是基于物体的热量而非可见光，因此它能够在各种天气条件下稳定工作，包括阴天、雨天甚至是夜晚。红外线传感器的工作原理基于普朗克定律，即任何温度高于绝对零度的物体都会发出红外辐射。传感器内部的探测器能够感应到这些红外辐射，并将其转换为电信号，进而通过信号处理系统分析得出列车的位置和其他相关信息。这种传感器特别适合在光线不足或视线受阻的环境中使用，因为它不依赖于可见光的照射。在铁路交通系统中，红外线传感器的应用具有显著优势。首先，它能够在全天候条件下工作，无论是在强烈的日光下还是在黑暗的隧道内，都能够提供稳定的监测数据。其次，红外线传感器对于烟雾、尘埃等干扰因素具有较强的抵抗力，因此在复杂的环境中也能够保持较高的检测精度。此外，红外线传感器的响应速度快，能够实时捕捉列车的热辐射变化，为列车运行控制提供及时的信息反馈。尽管红外线传感器在铁路交通系统中具有诸多优点，但也存在一些局限性。例如，在高温环境中，传感器可能会受到背景热辐射的干扰，影响检测精度。此外，红外线传感器的成本相对较高，且在某些特殊情况下，如列车表面覆盖有隔热材料时，传感器的性能可能会受到影响。总体而言，红外线传感器在铁路交通系统中的应用为列车运行监控提供了一种可靠的技术手段。随着红外技术的不断进步和成本的降低，预计红外线传感器将在铁路安全监测领域发挥更加重要的作用。

（三）压力传感器

压力传感器是一种能够检测和测量外部压力变化的设备，广泛应用于各种工业和自动化系统中。在铁路交通领域，压力传感器通常被安装在轨道上，用以检测列车车轮对轨道的压力。通过这种方式，压力传感器能够间接获取列车的重量和速度信息，这对于确保列车运行的安全和效率至关重要。压力传感器的工作原理基于压电效应或应变片原理。当列车车轮经过传感器时，传感器会感应到由车轮施加在轨道上的压力，并将这种压力变化转换成电信号。这些电信号随后被传输到数据处理系统，通过对信号的分析 and 处理，可以得到列车的重量分布、速度以及可能的异常情况，如车轮磨损或轨道变形等。在铁路交通系统中，压力传感器的应用具有多方面的优势。首先，它能够实时、连续的列车重量和速度信息，有助于列车调度中心进行精确的车辆管理和调度。其次，压力传感器能够帮助检测轨道和列车的健康状况，及时发现潜在的安全隐患，从而预防事故的发生。此外，通过分析压力数据，还可以优化列车的维护计划，延长车辆和轨道的使用寿命。然而，压力传感器在实际应用中也面临一些挑战。例如，传感器的安装和维护需要在轨道上进行，这可能会影响到正常的铁路运营。此外，传感器可能会受到恶劣天气条件的影响，如雨水、冰雪等，这些都可能导致传感器的性能下降。因此，选择合适的传感器类型和安装位置，以及定期进行维护和校准，对于确保压力传感器的准确性和可靠性至关重要。综上所述，压力传感器在铁路交通系统中的应用为列车运行监控提供了一种有效的技术手段。随着传感器技术的不断发展和完善，压力传感器将在铁路安全和效

率提升方面发挥更加重要的作用。

（四）其他传感器（如超声波传感器等）

在铁路交通系统中，除了激光雷达传感器、红外线传感器和压力传感器之外，还有许多其他类型的传感器可以根据实际需求和现场环境被选用，以进一步提高检测的准确性和可靠性。例如，超声波传感器就是一种常见的非接触式测量设备，它通过发射超声波脉冲并接收回波来测量距离。超声波传感器的工作原理是利用声波在介质中传播的特性。传感器发射出的超声波脉冲遇到物体会产生反射，传感器接收到反射回来的声波，并通过计算声波的往返时间来确定物体与传感器之间的距离。在铁路交通系统中，超声波传感器可以用来检测列车与障碍物之间的距离，尤其是在列车接近站台或穿越狭窄通道时，这种传感器能够提供快速的距离反馈，确保列车安全运行。超声波传感器的一个显著优点是其测量不受光线和颜色影响，因此在各种光照条件下都能稳定工作。此外，超声波传感器具有较好的穿透性，能够透过一些非金属材料进行测量，这在某些特殊的应用场景中非常有用。然而，超声波传感器也存在一些局限性，例如在嘈杂的环境中，传感器可能会受到其他声波的干扰，影响测量精度。此外，超声波在空气中传播的速度受温度影响较大，因此在温度变化较大的环境中，可能需要对传感器进行额外的温度补偿。除了超声波传感器，还有许多其他类型的传感器可以在铁路交通系统中发挥作用，如磁性传感器、电容传感器、光电传感器等。这些传感器各具特点，可以根据具体的应用场景和需求进行选择 and 配置。通过综合运用多种传感器技术，可以构建一个全面、高效的铁路交通监测系统，为铁路安全运行提供坚实的保障。

三、传感器的安装位置与布局

（一）激光雷达的安装位置

激光雷达在铁路系统中的安装位置至关重要，直接影响其检测效果。最佳安装位置应位于能够全面覆盖列车进站关键区域的地点，如站台的入口处或列车接近站台的必经路线上。这样的位置选择可以确保激光雷达在列车进站过程中始终能够捕捉到列车的动态，从而获取连续且全面的距离和位置信息。此外，考虑到激光雷达的发射角度和接收范围，安装时应确保其视野不被遮挡，避免因建筑物、广告牌或其他障碍物导致的检测盲区。通过精确定位激光雷达的安装点，可以最大限度地发挥其高精度测量的优势，为列车运行提供精确的数据支持。

（二）红外线传感器的布局

红外线传感器的布局需要精心规划，以适应列车的外形和热辐射特性。由于不同部位的列车可能产生不同的热辐射，因此在布局时应考虑使用多个传感器，以确保能够全方位地检测到列车的热信号。传感器的分布应该均匀，覆盖列车的主要热源区域，如发动机、制动系统等，同时要避免传感器之间的相互遮挡，减少检测盲区。此外，考虑到列车运行时的动态变化，传感器的布局还需要具备一定的灵活性，以便在列车姿态发生变化时仍能有效地进行热辐射检测。通过合理的布局设计，红外线传感器能够更准确地监测列车位

置,提高铁路系统的安全性和可靠性。

(三) 压力传感器的安装

压力传感器的安装位置对其能否准确检测列车车轮压力至关重要。理想的安装位置应选择轨道上列车车轮频繁通过的区域,如站台前的减速段或停车位的轨道上。这样的位置可以确保传感器在列车进站和停靠过程中都能捕捉到车轮的压力变化。安装时还应注意传感器的方向和角度,确保其能够准确感知车轮对轨道的压力分布。同时,为了避免传感器受到不必要的损害,应考虑将其安装在轨道下方或采用保护措施,以防列车通过时造成的冲击。通过精确的安装定位,压力传感器能够提供关于列车重量和速度的关键数据,为铁路系统的安全监控提供有力支持。

(四) 整体布局原则

在铁路系统中,各种传感器的整体布局需要遵循一定的原则,以确保检测系统的整体性能达到最优。首先,应充分考虑每种传感器的检测范围和特性,合理分配它们的安装位置,避免检测重叠或盲区。其次,要考虑到传感器之间可能存在的相互干扰,如电磁干扰、信号交叉等,通过合理的间距和屏蔽措施来减少这些干扰。此外,整体布局还应考虑到维护和校准的便利性,确保在不影响铁路运营的前提下,能够对传感器进行检查和维护。最后,布局设计应具备一定的前瞻性,考虑到未来可能的技术升级和系统扩展,留有足够的调整空间。通过遵循这些原则,可以实现一个高效、稳定且易于管理的铁路传感器网络,为铁路交通的安全和效率提供坚实保障。

四、数据融合算法

(一) 算法选择

在多传感器数据融合的过程中,选择合适的算法对于提高数据处理的准确性和效率至关重要。卡尔曼滤波算法是一种常用的状态估计算法,适用于线性和高斯噪声环境,能够有效地估计系统状态并预测未来状态。贝叶斯估计则是一种基于概率论的方法,适用于处理不确定性和不完全信息,能够提供更为稳健的估计结果。在选择算法时,需要考虑传感器的输出特性、数据类型以及系统的实时性要求。例如,如果系统对实时性要求极高,且数据噪声符合高斯分布,卡尔曼滤波可能是一个更好的选择;而如果数据存在较大的不确定性,贝叶斯估计则能提供更合理的处理方式。通过综合考虑这些因素,可以选择最适合当前系统需求的数据融合算法。

(二) 数据预处理

数据预处理是确保传感器数据质量和后续分析准确性的关键步骤。在传感器采集数据后,通常需要进行一系列的

处理操作,包括去噪、校准、归一化等。去噪是为了去除数据中的随机误差和干扰信号,常用的方法有平滑滤波、小波变换等。校准则涉及对传感器输出进行修正,以消除系统误差和偏差,确保数据的准确性。此外,归一化处理可以将不同量纲的数据统一到一个标准尺度上,便于后续的数据融合和分析。数据预处理的质量直接影响到数据融合的效果,因此在实际应用中需要投入足够的精力来优化这一环节。

(三) 融合策略

多传感器数据融合的成功与否,很大程度上取决于融合策略的制定。融合策略包括确定不同传感器数据的融合权重和选择合适的融合时机。融合权重的确定需要考虑每个传感器数据的可靠性、精度以及与系统目标的相关性。这可以通过历史数据分析、专家经验或机器学习算法来实现。融合时机的选择则需要考虑系统的实时性要求和数据处理的延迟容忍度。在实际操作中,可能需要在保证数据新鲜度和减少处理延迟之间找到一个平衡点。通过精心设计的融合策略,可以最大化地利用多传感器数据的优势,提高整个系统的性能。

(四) 实时性和准确性的平衡

在铁路交通系统中,数据融合的实时性和准确性都是至关重要的。实时性要求系统能够快速响应列车的动态变化,及时提供决策支持;而准确性则是确保列车运行安全的基石。在设计数据融合系统时,需要在两者之间寻找一个平衡点。一方面,可以通过优化算法、提高计算资源利用率等方式来减少数据处理时间,提高实时性。另一方面,也要确保数据处理过程中的每一个环节都有足够的精度,以避免因数据错误导致的误判。这可能涉及到使用更为精确的传感器、改进数据预处理方法等措施。通过综合考虑实时性和准确性的需求,设计出一个既快速又可靠的数据融合系统,以满足铁路交通系统对安全性和效率的双重追求。

五、结论

本文研究的多传感器检测列车进站技术,通过合理选择传感器、优化安装布局以及采用有效的数据融合算法,能够显著提高列车进站检测的精度和可靠性。实验结果表明,该技术在列车位置、速度等参数的检测上具有较高的准确性,能够满足铁路运输对列车进站检测的要求。然而,在实际应用中,还需进一步考虑系统的稳定性、抗干扰能力以及成本等因素,不断完善和优化该技术,以适应更为复杂的铁路运营环境。未来的研究方向可以包括更先进的传感器技术应用、智能化的数据融合算法以及与列车控制系统的深度集成等,从而进一步提升列车进站的安全性和自动化水平。

参考文献

- [1]基于深度学习的地铁安检危险物品检测[D].杨希.武汉理工大学,2020
- [2]城市轨道交通进站双检系统配置优化研究[D].唐古城.长安大学,2020
- [3]太赫兹成像系统及超分辨图像重建算法研究[D].李增.浙江大学,2018
- [4]地铁安检资源配置的优化模型和社会福利分析[D].卫静.东北财经大学,2017