

车辆辅助制动系统技术突破与应用研究

许齐放¹ 卞秀晗¹ 许振飞¹ 亚历山大·胡瓦特¹ 刘子武² 张鹏²

1. 临沂高新区鸿图电子有限公司 山东临沂 276703

2. 山东交通学院 山东济南 250000

摘要: 随着汽车行业的发展, 车辆辅助制动系统的重要性日益凸显。本文针对车辆辅助制动系统的压力温度配套传感器电路、高精度控制策略等技术难题展开研究。核心技术难点包括复杂路况车况状态下的芯片电路设计、传感器稳定性及精度较低、自动化程度有待提高。对于芯片电路设计难题, 需攻克EMC增强的高集成度芯片电路设计, 开发专用芯片电路并解决算法模型及传感器反馈准确性问题。针对传感器稳定性及精度问题, 由于其工作环境复杂, 需提高抗腐蚀、抗冲击、高弹性和气密性, 攻克耐温及稳定性、精度、长寿命等问题。对于自动化程度问题, 因新产品国内无参考经验, 需提高设备自动化、智能化程度以降低人工成本、提高生产效率。预期成果为开发精度误差 $\pm 0.8\%FS$ 、工作温度 $-40^{\circ}C \sim +150^{\circ}C$ 、量程 $0-4bar$ 、负载阻抗 $\leq 100\Omega$ 的压力传感器和基于贺利氏PT芯片电路、测温范围 $-50^{\circ}C \sim +220^{\circ}C$ 、工作介质 ≥ 2 种、绝缘电阻 $> 500M\Omega (500V)$ 、响应时间符合DIN EN 60751标准的温度传感器。通过对这些技术难题的研究, 为提升车辆辅助制动系统性能和推动产业化发展提供理论支持和实践指导。

关键词: 车辆辅助制动系统; 压力温度传感器; 芯片电路设计; 传感器稳定性; 自动化程度

引言

随着汽车行业发展, 车辆辅助制动系统的重要性日益凸显, 但其技术难题亟待攻克。

在现代交通中, 汽车的行驶速度不断提高, 行驶路况也越发复杂, 这使得车辆的制动系统面临着更高的要求。车辆辅助制动系统作为保障行车安全的重要组成部分, 其性能的优劣直接关系到驾驶员和乘客的生命安全。液力缓速器作为新型的车辆辅助制动系统, 在复杂路况和长距离制动状态下有着重要的作用。然而, 目前该系统在芯片电路设计、传感器稳定性及精度、自动化程度等方面仍存在诸多技术难题。例如, 在复杂路况车况状态下, 需要攻克EMC增强的高集成度芯片电路设计, 开发用于电容式、PT式传感器信号调理专用芯片电路, 同时还要解决算法模型及传感器反馈准确性问题。此外, 液力缓速辅助制动系统传感器的工作环境复杂, 对其抗腐蚀、抗冲击、高弹性、气密性提出了更高要求, 需要攻克耐温及稳定性、精度、长寿命的问题。而且, 作为新产品, 国内尚无参考经验, 产业化过程需要依靠精密设备加工及组装成型, 目前中试人工成本较高, 生产效率较低, 需要提高设备自动化、智能化程度, 以满足产业化目标。

一、芯片电路设计难题及解决方案

(一) EMC增强需求

在复杂路况下, 车辆会受到各种电磁干扰, 如来自

发动机、其他电子设备以及外部环境的电磁辐射。这些干扰会对芯片电路的正常工作产生严重影响, 可能导致信号失真、误触发甚至系统故障。因此, 高集成度芯片电路设计中EMC增强至关重要。例如, 在一些山区复杂路况下, 车辆行驶过程中会频繁经过高压电线、通信基站等强电磁辐射区域, 若芯片电路的EMC性能不足, 很可能使液力缓速器的传感器出现错误信号, 影响辅助制动系统的精准判断。为了满足EMC增强需求, 可以采用屏蔽技术、滤波技术以及合理的布局设计等方法。比如, 在芯片电路周围设置金属屏蔽层, 有效阻挡外部电磁干扰; 使用滤波器对输入电源和信号进行滤波处理, 去除高频噪声; 在电路板布局时, 将敏感元件与干扰源尽量远离, 降低电磁耦合的可能性。

(二) 算法模型与准确性

算法模型对传感器反馈准确性起着关键作用。在复杂路况和长距离制动状态下, 车辆的动态变化更加复杂, 传感器采集到的数据也更加多样化。如果算法模型不够精准, 就无法正确处理这些数据, 从而导致传感器反馈不准确。例如, 在长距离下坡制动过程中, 车辆的速度、加速度、温度等参数不断变化, 算法模型需要实时分析这些数据, 并准确判断液力缓速器的工作状态, 以便及时调整辅助制动力度。为了改进算法模型, 可以采用机器学习算法, 通过对大量实际路况数据的学习和训练, 不断优化算法模型, 提高传感器反馈的准确性。同时,

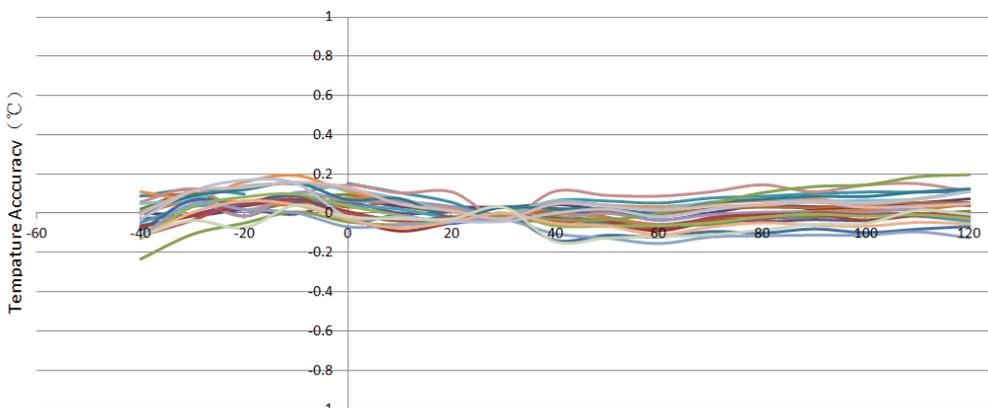


图1 使用MSOP8测试模型数据, VDD=3.3V

还可以结合实时监测技术,对算法模型进行在线调整,以适应不同路况和制动状态的需求。例如,利用传感器融合技术,将多个不同类型的传感器数据进行融合处理,提高数据的可靠性和准确性,从而为算法模型提供更优质的输入。(见图1)

(三) 案例分析与经验借鉴

以法士特液力缓速器为例,其在芯片电路设计方面有一定的优势。法士特液力缓速器采用了先进的电子控制技术,能够实现精准的制动力矩控制。在芯片电路设计上,注重抗干扰能力和稳定性,通过合理的布局和屏蔽措施,有效降低了电磁干扰对芯片电路的影响。同时,其算法模型也较为精准,能够根据车辆的实际行驶状态实时调整制动力矩,提高了辅助制动的效果。

(四) 成功案例启示

法士特液力缓速器的成功经验告诉我们,在芯片电路设计中,要充分考虑复杂路况和长距离制动状态下的各种因素。首先,要加强对电磁干扰的防护,采用高质量的屏蔽材料和滤波技术,确保芯片电路的稳定运行。其次,要不断优化算法模型,通过大量的实际路况数据进行训练和验证,提高传感器反馈的准确性。此外,还可以借鉴其他先进的电子技术,如智能控制算法、传感器融合技术等,提升液力缓速器的性能。

以德国福伊特(VOITH)公司的液力缓速器为例,其芯片电路设计在可靠性和稳定性方面表现出色。福伊特公司注重芯片的选型和质量控制,采用了高性能的芯片和先进的封装技术,提高了芯片的抗干扰能力和耐用性。同时,他们还在算法模型上进行了深入研究,通过不断优化算法,实现了对液力缓速器的精准控制。从福伊特公司的成功案例中,我们可以得到以下启示:一是要注重芯片的质量和可靠性,选择适合复杂路况的高性能芯片;二是要加强算法模型的研究和优化,提高传感器反馈的准确性和及时性;三是要不断创新和改进芯片

电路设计,以适应不断变化的市场需求。

二、传感器稳定性与精度问题

(一) 抗腐蚀与抗冲击要求

在高温、液油体、气体混合的环境下,传感器需要具备强大的抗腐蚀能力。由于液力缓速辅助制动系统在工作过程中会接触到各种腐蚀性介质,如润滑油、制动液等,这些介质会对传感器的外壳和内部元件造成腐蚀。如果传感器的抗腐蚀能力不足,就会导致传感器的性能下降,甚至失效。例如,在一些恶劣的工作环境下,传感器可能会在短时间内被腐蚀,从而影响系统的正常运行。

同时,传感器还需要具备良好的抗冲击能力。在车辆行驶过程中,传感器会受到来自路面的震动和冲击,这些冲击会对传感器的结构和性能造成影响。如果传感器的抗冲击能力不足,就会导致传感器的损坏,从而影响系统的稳定性和精度。据统计,在一些复杂路况下,传感器受到的冲击强度可能高达数千牛顿,这对传感器的抗冲击能力提出了很高的要求。为了满足传感器的抗腐蚀和抗冲击要求,可以采用特殊的材料和工艺。例如,可以采用耐腐蚀的金属材料或高分子材料作为传感器的外壳,提高传感器的抗腐蚀能力。同时,可以采用减震结构和缓冲材料,提高传感器的抗冲击能力。此外,还可以对传感器进行特殊的表面处理,如喷涂防腐涂层、镀硬铬等,提高传感器的抗腐蚀和抗冲击能力。

(二) 高弹性与气密性

传感器的高弹性和气密性对液力缓速辅助制动系统的性能有着重要影响。高弹性可以确保传感器在受到外力作用时能够迅速恢复原状,保证传感器的测量精度和稳定性。在复杂的工作环境中,传感器可能会受到来自不同方向的压力和冲击力,如果传感器的弹性不足,就会导致传感器的变形,从而影响测量结果的准确性。例如,在一些高速行驶的车辆中,传感器可能会受到来自空气阻力和路面震动的影响,如果传感器的弹性不足,

就会导致传感器的测量误差增大。

气密性则是保证传感器在高温、液流体、气体混合的环境中能够正常工作的关键。如果传感器的气密性不好，就会导致外界的液体和气体进入传感器内部，从而影响传感器的性能和寿命。例如，在一些高温高压的工作环境下，传感器可能会因为气密性不好而受到损坏，从而影响系统的正常运行。

为了提高传感器的高弹性和气密性，可以采用特殊的材料和结构设计。例如，可以采用高弹性的橡胶材料或弹簧结构，提高传感器的弹性。同时，可以采用密封结构和密封材料，提高传感器的气密性。此外，还可以对传感器进行严格的质量检测和测试，确保传感器的高弹性和气密性符合要求。

（三）提升稳定性与精度的策略

1. 材料与工艺选择

在提升液力缓速辅助制动系统传感器的稳定性和精度方面，合适的材料与工艺选择至关重要。对于抗腐蚀要求，可以选用耐腐蚀的特种合金材料，如哈氏合金等。哈氏合金具有优异的抗腐蚀性能，能够在恶劣的化学环境中保持稳定。同时，采用先进的表面处理工艺，如等离子喷涂耐腐蚀涂层，可以进一步增强传感器的抗腐蚀能力。对于抗冲击要求，可以选择高强度的工程塑料或复合材料，这些材料具有良好的韧性和吸能特性，能够有效减轻冲击对传感器的影响。例如，碳纤维增强复合材料具有高强度、高模量和低密度的特点，在抗冲击性能方面表现出色。

在保证高弹性方面，可以采用高性能的橡胶材料，如硅橡胶或氟橡胶。这些橡胶材料具有良好的弹性恢复性能，能够在受到外力作用后迅速恢复原状。同时，设计合理的弹簧结构，如螺旋弹簧或板簧，可以进一步提高传感器的弹性。对于气密性要求，可以采用密封性能良好的橡胶密封圈或密封胶。在安装传感器时，确保密封圈的正确安装和压紧，以防止外界液体和气体的进入。此外，采用激光焊接等先进的焊接工艺，可以提高传感器的密封性和结构强度。

三、提高自动化程度的途径

（一）产业化现状与问题

1. 人工成本高

目前液力缓速辅助制动系统传感器在产业化过程中面临着中试人工成本高的问题。这对产业化产生了多方面的不利影响。首先，高人工成本直接增加了产品的生产成本，使得产品在市场上的价格竞争力下降。在激烈的市场竞争中，价格往往是影响消费者购买决策的重要因素之一。如果产品价格过高，可能会导致市场份额的减少。其次，高人工成本也限制了企业的生产规模扩大。由

于人工成本占据了较大的成本比例，企业在考虑扩大生产规模时会面临较大的资金压力。此外，高人工成本还可能影响企业的研发投入。企业为了控制成本，可能会减少在研发方面的投入，从而影响产品的技术创新和升级。

2. 生产效率低

生产效率低是液力缓速辅助制动系统传感器产业化过程中的另一个突出问题。其原因主要有以下几点：一是国内尚无可参考经验，企业在生产过程中需要不断摸索和尝试，这导致了生产流程的不顺畅和效率低下。二是产业化过程需要依靠精密设备加工及组装成型，而目前的设备自动化、智能化程度较低，很多环节仍然依赖人工操作。例如，在传感器的组装过程中，一些精细的操作需要人工进行，这不仅效率低下，而且容易出现人为误差。三是生产管理平有待提高。缺乏有效的生产计划和调度，导致生产资源的浪费和生产效率的低下。

生产效率低的后果也是显而易见的。首先，产品的交货周期延长，影响客户满意度。在市场竞争激烈的今天，客户对产品的交货周期要求越来越高。如果企业不能按时交付产品，可能会失去客户的信任和订单。其次，生产效率低导致企业的产能无法满足市场需求，限制了企业的发展。最后，生产效率低也会增加企业的生产成本。由于生产效率低下，单位产品的生产成本增加，企业的利润空间受到挤压。

结束语

本文对车辆辅助制动系统的技术难题进行了深入研究，明确了当前面临的挑战，并提出了相应的解决方案。在未来的发展中，我们应持续关注技术创新、智能化发展、多系统协同、产业化推进、跨学科融合、标准制定与规范、可持续发展、用户体验优化以及国际合作与交流等方面，以推动车辆辅助制动系统不断进步。

参考文献

- [1] 田传升, & 王俊强. (2024). 一种用于压力传感器的温度补偿电路的设计与实验. 微纳电子技术, (7), 248.
- [2] 鲁涛. (2024). MEMS谐振式压力传感器驱动与检测电路的研究与设计 (硕士学位论文). 云南师范大学.
- [3] 王宁, 张子建, & 许峻. (2024). 基于磁弹效应的电动舵机压力传感器设计. 工业仪表与自动化装置, (4), 269.
- [4] 李宇飞, 石群燕, & 邹兴洋. (2024). 发动机压力传感器补偿电路优化设计. 电子与封装, (3), 179.
- [5] 贺文亮. (2023). 冷轧设备监测系统无线智能压力传感器设计. 中国煤炭, (10), 159. 应用, (1), 100.