

汽车扶手滑动操作力的研究与应用

毛 昆 乐华超 袁路明

宁波继峰汽车零部件股份有限公司 浙江 宁波 315803

摘 要：文章聚焦汽车扶手滑动操作力，深入剖析其基础理论，涵盖滑动扶手结构及操作力定义。详细阐述测试方法，包括系统构建与过程分析。从材料、结构、润滑方面探讨影响因素，并给出优化设计方案，如材料、结构及润滑优化，还列举优化实例。研究表明合理设计能降低操作力，提升用户体验与产品竞争力，为汽车扶手设计提供重要参考。

关键词：汽车扶手；滑动操作力；应用

1 汽车扶手滑动操作力基础理论

1.1 滑动扶手结构分析

汽车扶手的滑动结构通常由多个部件组成，以实现扶手在不同位置的调整，满足乘客的使用需求。一般来说，滑动扶手结构包括导轨、滑块、固定支架以及连接部件等。（1）导轨：导轨是扶手滑动的轨道，通常安装在汽车座椅或车门等固定位置上，为扶手的移动提供导向作用。导轨的形状、长度和精度会影响扶手滑动的顺畅程度和稳定性。（2）滑块：与扶手相连，并且与导轨配合使用。滑块在导轨上滑动，带动扶手实现位置的改变。滑块的材质和设计对滑动操作力有重要影响。例如，采用低摩擦系数的材质可以降低滑动时的阻力，使操作更加轻松。（3）固定支架：用于将导轨和滑块等部件固定在汽车的相应位置上，确保整个滑动结构的稳固性。固定支架的强度和刚性必须足够，以承受扶手在使用过程中所受到的各种力，防止因支架变形而影响扶手的滑动性能。（4）连接部件：主要用于连接扶手和滑块，使扶手能够跟随滑块在导轨上顺利滑动。连接部件的设计要保证扶手与滑块之间的连接牢固，同时也要避免因连接过紧而增加滑动阻力。

1.2 滑动操作力定义

汽车扶手的滑动操作力是指在操作扶手进行滑动时，需要施加在扶手上的力。这个力的大小直接影响到用户操作扶手的便捷性和舒适性。从力学角度来看，滑动操作力主要包括克服摩擦力和惯性力等。摩擦力是由于滑块与导轨之间以及其他相关部件之间的接触而产生的，它阻碍了扶手的滑动。惯性力则是在启动或停止扶手滑动时，由于扶手本身的质量而产生的力^[1]。滑动操作力的大小通常受到多种因素的影响。表面粗糙度越低、润滑越好，滑动操作力就越小；扶手重量越大，所需的滑动操作力也越大；而滑动速度的变化也会影响惯性力

的大小，从而间接影响滑动操作力。在汽车设计和制造过程中，需要对扶手的滑动操作力进行合理的设计和控制。既要保证操作力足够小，使乘客能够轻松地操作扶手，又要确保操作力不能过小，以免扶手在车辆行驶过程中因受到震动等外力而意外滑动，影响乘客的使用安全和舒适性。一般会根据汽车的类型、使用场景以及人体工程学等因素来确定合适的滑动操作力范围。

2 汽车扶手滑动操作力的测试方法

2.1 测试系统的构建

构建测试系统是准确测量汽车扶手滑动操作力的基础。该系统主要由力测量装置、位移测量装置、固定与支撑部件以及数据采集与处理单元组成。第一、力测量装置：通常选用高精度的力传感器，量程需根据预估的扶手滑动操作力范围进行合理选择，以确保能够准确测量不同工况下的力值。力传感器可安装在与扶手直接接触的施力部件上，当对扶手施加滑动操作力时，力传感器能实时感知并将力信号转化为电信号输出。其位移测量装置：用于精确测量扶手在滑动过程中的位移。常见的位移测量方式包括使用线性位移传感器，它可以精确记录扶手滑动的距离，为后续分析滑动操作力与位移的关系提供数据支持。位移传感器与扶手的滑动部件相连，能够同步监测扶手的位置变化。第二、固定与支撑部件：需设计专门的夹具或支架，将汽车座椅及扶手安装在稳定的测试平台上。固定部件要保证座椅和扶手在测试过程中不会发生晃动或位移，确保测试结果的准确性。支撑部件要能够模拟汽车实际使用环境中的支撑条件，使测试更具真实性。第三、数据采集与处理单元：负责采集力传感器和位移传感器输出的电信号，并将其转化为数字信号进行存储和分析。该单元配备相应的软件，能够实时显示力值和位移曲线，方便测试人员观察和记录数据。软件还具备数据处理功能，可对采集到的

数据进行统计分析,计算出平均滑动操作力、最大滑动操作力等关键参数。

2.2 测试过程与数据分析

测试过程需严格按照既定流程进行,以保证数据的可靠性,而数据分析则是从测试数据中提取有价值信息的关键环节。(1)测试过程:将汽车座椅及扶手安装在测试平台上,通过固定与支撑部件确保安装牢固。连接好力测量装置、位移测量装置与数据采集单元,对各设备进行校准,确保测量数据的准确性。根据实际使用情况,设定不同的测试工况,如不同的滑动速度、不同的起始和终止位置等。按照设定的工况,使用力测量装置缓慢且均匀地对扶手施加滑动操作力,使扶手在导轨上滑动。在滑动过程中,位移测量装置同步记录扶手的位移,数据采集单元实时采集力值和位移数据,并存储在计算机中。每个工况下重复测试多次,以减小测试误差。(2)数据分析:对采集到的大量原始数据进行处理,去除异常值和错误数据。将同一工况下的多次测试数据进行分组,便于后续分析。利用数据处理软件,计算出每个工况下的平均滑动操作力、最大滑动操作力、最小滑动操作力以及力随位移的变化曲线等参数。将不同工况下的测试数据进行对比分析,评估滑动速度、起始位置等因素对滑动操作力的影响。将测试结果与汽车设计要求的滑动操作力标准进行对比,判断扶手的滑动性能是否符合设计预期。如果测试结果超出标准范围,则需进一步分析原因,提出改进措施^[2]。

3 汽车扶手滑动操作力的影响因素分析

3.1 材料因素对滑动操作力的影响

材料的选择在汽车扶手滑动操作力方面起着关键作用。导轨与滑块作为扶手滑动系统的核心部件,其材料特性直接关乎滑动操作力大小。若导轨采用金属材质,像不锈钢,其硬度较高、表面相对光滑。这种特性使得滑块在导轨上滑动时,因表面粗糙度低,摩擦力相对较小,从而降低了滑动操作力。相比之下,若使用普通钢材制作导轨,在长期使用后可能因磨损导致表面粗糙度增加,致使滑动操作力上升。此外,新型复合材料如碳纤维增强复合材料应用于导轨时,因其具备高强度、低密度以及良好的耐磨性,不仅能维持较低的滑动操作力,还可减轻整个扶手系统的重量,提升汽车的燃油经济性。滑块材料同样至关重要,常见的滑块材料有塑料和金属。以聚四氟乙烯为代表的自润滑塑料,具有极低的摩擦系数。当滑块采用此类材料时,与导轨之间的摩擦力显著降低,使得滑动操作力大幅减小,用户操作扶手时会感觉极为顺畅。

3.2 结构因素对滑动操作力的影响

汽车扶手的结构设计从多方面影响着滑动操作力,涵盖导轨的形状、滑块与导轨的配合方式以及整体结构的稳定性等。导轨的形状多种多样,如直线型、曲线型等。直线型导轨结构简单,在其表面加工精度足够的情况下,滑块能沿着导轨平稳滑动,滑动操作力相对稳定且易于控制。而曲线型导轨,由于滑块在滑动过程中需要不断改变运动方向,会产生额外的侧向力,这不仅增加了滑动操作力,还可能导致滑块与导轨之间的磨损加剧。滑块与导轨的配合精度对滑动操作力影响明显。间隙配合时,若间隙过大,滑块在导轨上容易产生晃动,在滑动过程中会出现卡顿现象,导致滑动操作力不稳定且增大;而间隙过小,又可能因部件之间的摩擦阻力过大,同样使滑动操作力上升。过盈配合虽然能保证结构的紧密性,但会极大地增加滑动操作力,一般不适用于扶手滑动结构。理想的配合方式是采用高精度的过渡配合,并通过精密加工工艺来保证配合精度,使滑块既能在导轨上顺畅滑动,又不会产生晃动,从而降低滑动操作力。整个扶手结构的稳定性对滑动操作力也有重要影响。若固定支架或连接部件强度不足,在操作扶手时,结构可能会发生微小变形,这会改变滑块与导轨之间的相对位置关系,进而增加滑动操作力。

3.3 润滑条件对滑动操作力的影响

润滑在降低汽车扶手滑动操作力方面有着不可忽视的作用,合适的润滑剂及润滑方式能够显著改善滑动性能。常见的润滑剂有润滑油和润滑脂。润滑油流动性好,能够迅速在导轨和滑块表面形成均匀的油膜,有效降低部件之间的摩擦系数,减小滑动操作力。新型的固体润滑剂如二硫化钼涂层,通过在导轨或滑块表面形成一层极薄的固体润滑膜,能在高温、高负荷等恶劣条件下依然保持良好的润滑性能,大幅降低滑动操作力。润滑方式分为定期人工润滑和自动润滑系统,定期人工润滑需要人工定期向导轨和滑块的接触部位添加润滑剂,操作相对繁琐,且润滑的及时性和均匀性较难保证^[3]。若润滑不及时,滑动操作力会迅速上升。而自动润滑系统,如通过安装在导轨内部的油道和喷油嘴,根据扶手的使用情况自动向滑动部位喷射润滑剂,能够始终保持良好的润滑条件,使滑动操作力稳定在较低水平。自动润滑系统还可以根据不同的工况,如滑动速度、负载大小等,精确控制润滑剂的喷射量,进一步优化润滑效果,降低滑动操作力。

4 汽车扶手滑动操作力的优化设计

4.1 优化设计目标

汽车扶手滑动操作力的优化设计旨在提升用户体验,使扶手滑动更加顺畅、轻松。具体而言,首要目标是降低滑动操作力的平均值,确保乘客在调整扶手位置时无需耗费过多力气。这不仅能增加乘客的舒适感,对于儿童、老人等力量较弱的人群尤为重要。要减小滑动操作力的波动范围,避免出现操作过程中时而轻松、时而费力的情况,保证操作力的稳定性,让用户感受到平稳、流畅的操作过程。优化设计还需兼顾扶手结构的耐久性和可靠性,在降低操作力的同时,不能牺牲扶手的强度和使用寿命,确保其在长期使用和各种工况下都能正常工作。

4.2 优化设计方法

在导轨和滑块材料的选择上进一步探索,对于导轨,可采用表面经过特殊处理的高强度铝合金,这种材料既能保证足够的强度,又能通过表面处理降低粗糙度,减小滑块与导轨间的摩擦力,从而降低滑动操作力。对于滑块,可选用新型的自润滑复合材料,其结合了多种材料的优势,不仅摩擦系数低,还具备良好的耐磨性和抗疲劳性能,能在长期使用中保持较低的滑动操作力。对导轨形状进行精细化设计,在满足汽车内饰设计需求的前提下,尽量简化导轨形状,减少不必要的弯曲和转折。若必须采用曲线型导轨,则通过优化曲线曲率和增加辅助导向结构,如在导轨侧面增加导向滚轮,有效减小滑块在滑动过程中的侧向力,降低滑动操作力。优化滑块与导轨的配合精度,采用先进的制造工艺实现高精度的过渡配合,减少间隙误差,确保滑块滑动平稳,降低操作力的波动。加强扶手整体结构的稳定性,通过优化固定支架和连接部件的设计,提高其强度和刚性,减少在操作和车辆行驶震动过程中的结构变形,维持稳定的滑动操作力。开发更高效的润滑系统,除了现有的润滑油、润滑脂和固体润滑剂,可研究新型的智能润滑材料,其能根据扶手的工作状态自动调整润滑性能。在润滑方式上,完善自动润滑系统,利用传感器实时监测扶手的滑动速度、负载等工况信息,通过智能控制系统精确调节润滑剂的喷射量和喷射时间,确保在各种工况下都能提供最佳的润滑效果,最大程度降低滑动操作力。

4.3 优化设计实例

某汽车制造商在一款新型汽车的扶手设计中进行滑动操作力的优化。在材料方面,导轨采用了经阳极氧化处理的高强度铝合金,滑块选用一种新研发的含纳米润滑颗粒的塑料复合材料^[4]。结构设计上,将原本复杂的曲线型导轨简化为带有微小弧度的直线型导轨,并在滑块两侧安装导向滚珠,有效减少侧向力。润滑系统则采用了先进的自动润滑装置,内置多个传感器,可根据扶手的使用情况精确控制润滑剂的喷射。通过这些优化设计,在实际测试中,该扶手的滑动操作力平均值降低了30%,操作力的波动范围缩小了50%。用户反馈表明,操作扶手变得更加轻松、顺畅,即使在车辆行驶过程中也能稳定操作。经过长期的耐久性测试,扶手结构依然保持良好的性能,未出现因优化设计而导致的强度下降或过早磨损等问题,成功实现汽车扶手滑动操作力的优化设计目标,提升产品的市场竞争力。

结束语

通过对汽车扶手滑动操作力的全面研究,明晰了各因素对其的影响规律,并成功实现优化设计。这不仅提升用户操作舒适性,也保障扶手结构耐久性。未来,随着材料科学、制造工艺的进步,有望开发出更优解决方案。期待进一步研究能深入挖掘潜在影响因素,推动汽车扶手设计向更人性化、智能化方向发展,持续提升汽车内饰品质。

参考文献

- [1]鲁春艳,张宇航,韦毅恒.汽车扶手箱的设计及有限元分析[J].机械工程与自动化,2022(3):56-58.DOI:10.3969/j.issn.1672-6413.2022.03.019.
- [2]游瀚.副仪表板后翻扶手设计要求及有限元分析[J].汽车实用技术.2023,48(9).DOI:10.16638/j.cnki.1671-7988.2023.09.024.
- [3]庄燕,朱敬花,毛洪辉,等.基于回归分析的汽车扶手箱下盖板注射成型工艺优化[J].工程塑料应用,2022,50(2):101-105.DOI:10.3969/j.issn.1001-3539.2022.02.017.
- [4]黄传柏.浅谈汽车扶手箱的设计[J].内燃机与配件.2019,(14).DOI:10.3969/j.issn.1674-957X.2019.14.009.