

# 汽车整车可靠性强化试验方法研究与实践

丁超 王波 熊兵

东风汽车集团有限公司研发总院 湖北 武汉 430000

**摘要:** 随着汽车行业的不断发展,汽车整车的可靠性成为衡量产品质量的重要指标。本文旨在探讨汽车整车可靠性强化试验的方法研究与实践,通过分析强化试验的必要性、常用的强化试验方法以及试验过程中面临的挑战与应对策略,为汽车整车可靠性提升提供理论依据和实践指导。

**关键词:** 汽车整车; 可靠性; 试验方法

## 引言

汽车整车可靠性是指汽车在规定条件下和规定时间内,完成规定功能的能力。它直接关系到汽车的安全性、耐用性和用户满意度。在汽车开发过程中,可靠性试验是不可或缺的一环。然而,传统的可靠性试验往往耗时较长、成本较高,难以满足现代汽车快速迭代的需求。因此,研究汽车整车可靠性强化试验方法,通过更高效、更严格的试验手段来验证和提升汽车可靠性,具有重要的现实意义。

### 1 汽车整车可靠性强化试验的必要性

#### 1.1 应对复杂使用环境的挑战

汽车在实际使用过程中,会面临各种复杂的使用环境,如高温高湿、高寒、高海拔、阳光暴晒、雨雪、灰尘等。这些环境因素会对汽车的零部件和系统产生不同程度的影响,如腐蚀、老化、磨损等,从而影响汽车的可靠性。通过强化试验,可以模拟这些极端环境,提前发现汽车潜在的可靠性问题,并进行改进。

#### 1.2 满足市场竞争和用户需求

随着汽车市场竞争的日益激烈,用户对汽车的品质要求也越来越高。可靠性作为汽车品质的重要组成部分,直接关系到用户对汽车的满意度和忠诚度。通过强化试验,可以提升汽车的可靠性,增强产品在市场上的竞争力,满足用户的需求。

#### 1.3 提高产品设计和制造水平

强化试验不仅可以验证汽车的可靠性,还可以为产品设计和制造提供宝贵的反馈信息。通过对试验数据的分析,可以发现产品设计和制造过程中存在的问题,如材料选择不当、结构设计不合理等,从而指导产品设计和制造的优化,提高产品的整体质量。

### 2 汽车整车可靠性强化试验的方法

#### 2.1 道路耐久性测试

##### 2.1.1 测试准备

选择具有代表性的测试路线,包括高速公路、城市街道、山区道路等,确保覆盖各种路面条件。例如,高速公路路面平坦,车辆行驶速度较高,可模拟汽车高速行驶时的稳定性,测试发动机在高转速下的耐久性以及悬挂系统在长时间高速行驶中的减震性能;城市街道路况复杂,有频繁的启停、加减速和红绿灯等待,能检验汽车发动机、变速器和制动系统在城市工况下的可靠性;山区道路弯道多、坡度大,可考察汽车悬挂系统、转向系统和制动系统在不同路况下的性能<sup>[1]</sup>。安装高级数据采集系统,实时监控发动机、悬挂、制动等系统表现。数据采集系统应具备高精度和高采样频率,例如,发动机的转速、扭矩、温度等参数的采集精度应达到 $\pm 0.5\%$ 以内,采样频率不低于100Hz。悬挂系统的位移传感器应能精确测量悬挂的行程变化,精度可达 $\pm 0.1\text{mm}$ 。制动系统的压力传感器应能准确测量制动管路中的压力,精度为 $\pm 0.1\text{MPa}$ 。

##### 2.1.2 实施测试

车辆在不同环境下连续行驶,目标里程可高达数百万公里。在行驶过程中,严格按照预定的驾驶循环进行操作,如NEDC(新欧洲驾驶循环)或WLTP(全球统一轻型车辆测试程序)等。同时,模拟不同的驾驶条件,如长途行驶、城市拥堵、山区爬坡等,以检验汽车的零部件和系统的耐久性。在测试过程中,定期检查并记录数据。检查内容包括车辆的外观、零部件的磨损情况、系统的性能参数等。例如,每行驶5000公里对发动机机油进行检查和更换,检查机油的粘度、酸值等指标是否在正常范围内;每行驶10000公里对轮胎的磨损情况进行测量,检查轮胎的花纹深度是否符合安全标准。

##### 2.1.3 数据分析

测试结束后,分析收集到的数据,识别潜在故障点。通过对数据的统计分析,可以发现车辆在不同行驶条件下的故障模式和故障频率,从而确定车辆可靠性的

薄弱环节。例如,通过分析发动机转速和扭矩数据,发现发动机在某一特定工况下出现异常波动,可能存在燃油喷射系统故障。根据数据分析结果,对车辆的设计和制造进行优化改进。例如,如果发现某个零部件的磨损速度过快,可以考虑更换更耐磨的材料或优化其结构设计;如果发现某个系统的性能参数不稳定,可以对其进行调试或升级。

## 2.2 温湿度循环测试

### 2.2.1 环境调节

将车辆置入可调控温湿度的环境舱内。环境舱应具备精确的温度和湿度控制能力,温度控制精度可达 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,湿度控制精度可达 $\pm 3\%\text{RH}$ 。环境舱的容积应足够大,以确保车辆能够完全置于其中,并且舱内的空气流通均匀。按预定程序循环经历极端高温(如 $85^{\circ}\text{C}$ )、低温( $-40^{\circ}\text{C}$ )及高湿(95%RH)环境。在温度和湿度变化过程中,应设置合理的过渡时间,以避免温度和湿度的急剧变化对车辆造成过大的冲击。例如,从常温到高温的过渡时间可设置为2小时,从高温到低温的过渡时间可设置为3小时。

### 2.2.2 功能验证

每次温湿度变换后,立即检查启动能力。启动能力是汽车可靠性的重要指标之一,通过在不同温湿度条件下检查启动能力,可以评估汽车在不同环境下的启动性能。在低温环境下,发动机的机油粘度增大,启动阻力增加,可能会出现启动困难的情况;在高温环境下,发动机的散热条件变差,可能会出现启动后温度过高的情况<sup>[2]</sup>。检查电子设备的工作状态,如仪表盘显示是否正常、音响系统是否工作、导航系统是否准确等。电子设备在现代汽车中扮演着越来越重要的角色,其可靠性直接影响到汽车的整体性能。在高温高湿环境下,电子设备的电路板可能会出现受潮、短路等问题,导致设备无法正常工作。

### 2.2.3 耐久分析

评估材料老化情况。汽车中的许多零部件都是由塑料、橡胶等材料制成的,这些材料在高温、高湿等环境下容易发生老化,从而影响其性能。例如,塑料零部件可能会出现变色、变脆、开裂等现象,橡胶零部件可能会出现硬化、龟裂等问题。通过对材料老化程度的评估,可以确定材料的使用寿命和更换周期。评估电子元器件的稳定性。电子元器件在高温、低温等极端环境下容易发生性能变化,如电阻值漂移、电容值变化等。通过对电子元器件的稳定性评估,可以采取相应的措施进行保护或升级,如增加散热装置、选用耐高温的电子元

器件等。

## 2.3 制动系统效能测试

### 2.3.1 基础检查

在标准温度下进行制动踏板力、行程的初始测量。制动踏板力和行程是制动系统性能的重要指标,通过初始测量可以了解制动系统的基本性能。制动踏板力的测量精度应达到 $\pm 1\text{N}$ ,行程的测量精度应达到 $\pm 0.1\text{mm}$ 。

### 2.3.2 动态实验

实施紧急制动测试,记录制动距离、制动响应时间。紧急制动是汽车在遇到突发情况时的重要安全措施,通过紧急制动测试可以评估制动系统的响应速度和制动效果。制动距离的测量精度应达到 $\pm 0.1\text{m}$ ,制动响应时间的测量精度应达到 $\pm 0.01\text{s}$ 。进行连续下坡制动测试,模拟汽车在下坡路段连续制动的情况。连续下坡制动对制动系统的散热性能和耐磨性能提出了较高的要求,通过该测试可以评估制动系统在这些方面的性能。在测试过程中,应实时监测制动系统的温度变化,当温度超过安全范围时,应及时采取措施进行冷却。

### 2.3.3 高温挑战

模拟夏季高温或长时间下坡制动后的效能衰退测试。在高温环境下,制动系统的性能可能会发生变化,如制动液汽化、制动片磨损加剧等。通过高温效能衰退测试,可以评估制动系统在高温环境下的性能稳定性<sup>[3]</sup>。在测试过程中,应定期检查制动液的质量和制动片的磨损情况,当制动液含水量超过3%或制动片厚度磨损超过原厚度的1/3时,应及时更换。

## 2.4 碰撞测试

### 2.4.1 试验准备

选择具有代表性的测试车型,确保测试结果具有普遍性。测试车型应涵盖不同级别、不同类型的汽车,如轿车、SUV、MPV等。设置撞击角度、速度等参数。撞击角度和速度是影响碰撞测试结果的重要因素,通过合理设置这些参数,可以模拟不同类型的碰撞事故。例如,正面碰撞的速度可设置为 $64\text{km/h}$ ,侧面碰撞的速度可设置为 $50\text{km/h}$ ,后方碰撞的速度可设置为 $32\text{km/h}$ 。

### 2.4.2 实施撞击

进行正面碰撞、侧面碰撞、后方碰撞及翻滚测试。不同类型的碰撞对汽车的结构安全性和乘员保护性能提出了不同的要求,通过进行全面的碰撞测试,可以全面评估汽车的安全性。在碰撞测试过程中,应使用高精度的传感器和高速摄像机记录撞击瞬间的各项数据,如碰撞力、碰撞速度、车身变形量等。

### 2.4.3 数据记录与伤害评估

利用高速摄像机和传感器记录撞击瞬间的各项数据,如碰撞力、碰撞速度、车身变形量等。这些数据为后续的伤害评估和优化设计提供了重要依据。高速摄像机的拍摄速度应不低于1000帧/秒,传感器的测量精度应满足相关标准要求。检查假人(或虚拟仿真模型)受伤害程度,评估乘员保护性能。假人是一种模拟人体在碰撞事故中受伤情况的装置,通过检查假人的受伤害程度,可以评估汽车乘员保护系统的性能。伤害评估指标包括头部伤害指数(HIC)、胸部加速度、腿部受力等。

## 2.5 电子系统兼容性与稳定性测试

### 2.5.1 电磁兼容性(EMC)测试

在模拟多种电磁干扰环境下,验证电子系统的稳定运行。现代汽车中使用了大量的电子设备,这些设备在工作过程中可能会产生电磁干扰,同时也可能受到外界电磁干扰的影响。通过EMC测试,可以评估电子系统在电磁干扰环境下的性能稳定性。测试环境应能够模拟各种电磁干扰源,如无线电发射机、电机、开关电源等。

### 2.5.2 软件稳定性测试

通过压力测试、边界条件测试,确保软件无崩溃、无异常响应。软件在现代汽车中扮演着越来越重要的角色,如发动机控制系统、制动防抱死系统(ABS)等。通过压力测试和边界条件测试,可以评估软件在极端条件下的性能稳定性<sup>[4]</sup>。例如,在压力测试中,可以模拟大量的数据输入和处理,检查软件是否能够正常运行;在边界条件测试中,可以测试软件在输入参数的极限值下的表现。

### 2.5.3 硬件强度测试

施加极端电学应力,如瞬态高压、大电流冲击,检验硬件的可靠度。硬件是电子系统的基础,其可靠度直接影响到电子系统的整体性能。通过施加极端电学应力,可以评估硬件在恶劣条件下的性能稳定性。例如,在瞬态高压测试中,可以模拟汽车电气系统中可能出现的电压尖峰,检查硬件是否能够承受而不损坏。

## 3 汽车整车可靠性强化试验面临的挑战与应对策略

### 3.1 面临的挑战

#### 3.1.1 试验成本高

强化试验需要先进的试验设备和仪器,如环境舱、道路模拟试验台架、高速摄像机等,这些设备的购置和维护成本较高。试验过程中需要专业的试验人员进行操作和数据分析,人力成本也相对较高。

#### 3.1.2 试验周期长

道路耐久性测试等试验需要积累大量的行驶里程,以模拟汽车在实际使用过程中的磨损和老化情况,这导致试验周期较长。试验结束后,需要对大量的试验数据

进行分析和处理,这也需要花费较长的时间。

#### 3.1.3 试验结果的可重复性

强化试验受到多种环境因素的影响,如温度、湿度、路面状况等,这些因素的变化可能导致试验结果的可重复性较差。试验过程中,试验人员的操作水平和经验也会对试验结果产生影响,增加试验结果的不确定性。

## 3.2 应对策略

### 3.2.1 优化试验设计

根据试验目的和要求,合理选择试验参数,如试验里程、试验速度、试验温度等,以提高试验效率和准确性。采用先进的试验技术,如虚拟试验技术、加速寿命试验技术等,可以在较短的时间内获得可靠的试验结果。

### 3.2.2 加强数据管理和分析

建立试验数据库,对试验数据进行统一管理和存储,方便后续的数据分析和处理。应用先进的数据分析工具和方法,如数据挖掘、机器学习等,对试验数据进行深入分析,挖掘潜在的信息和规律。

### 3.2.3 提高试验人员的素质

定期对试验人员进行专业培训,提高其操作水平和数据分析能力。组织试验人员进行经验交流,分享试验过程中的经验和教训,提高整个试验团队的素质。

## 结语

汽车整车可靠性强化试验是提升汽车品质和安全性的重要手段。通过道路耐久性测试、温湿度循环测试、制动系统效能测试、碰撞测试以及电子系统兼容性与稳定性测试等方法,可以全面评估汽车的可靠性。然而,强化试验也面临着试验成本高、试验周期长、试验结果可重复性差等挑战。为了应对这些挑战,需要优化试验设计、加强数据管理和分析、提高试验人员的素质等措施。通过不断的研究和实践,汽车整车可靠性强化试验将为汽车行业的发展提供有力的支持。

## 参考文献

- [1]陈彦男.汽车开发中的整车可靠性试验探究[J].时代汽车,2021,(12):4-5.
- [2]孙战峰.浅谈整车可靠性试验验证架构与试验故障发布[J].时代汽车,2022,(03):13-15.
- [3]郭利伟.探讨汽车开发中的整车可靠性试验[J].时代汽车,2019,(14):34-35.
- [4]赵永生,施亦舟,米磊,等.基于实时载荷谱的轻型车可靠性试验规范优化[C]//中国汽车工程学会(China Society of Automotive Engineers).2022中国汽车工程学会年会论文集(5).一汽解放汽车有限公司商用车开发院,2022:40-45.