

ESC电子稳定控制系统开发标定

张继深

海南海马汽车有限公司 海南 海口 570216

摘要: ESC电子稳定控制系统是现代汽车安全辅助系统中的重要组成部分, 对提高车辆的稳定性和安全性起着关键作用。本文通过实车测试与数据采集的方法, 详细介绍了ESC系统的标定过程, 在不同路况下进行实车测试, 记录并分析相关数据; 根据性能评价指标对ESC系统进行性能评估; 评估ESC系统在各种路况下的应用效果。ESC系统的标定工作对于确保系统在实际行驶中的有效性至关重要, 而实车测试和数据采集是保证ESC系统正常运行的基础。

关键词: ESC控制系统; 标定方法; 性能评估

1 ESC 电子稳定控制系统概述

ESC (Electronic Stability Control), 即电子稳定控制系统, 是一种车辆动态控制系统, 在紧急情况或极限操控时, 可以帮助驾驶员在保持行车稳定性方面提供支持。ESC系统利用传感器监测车辆各项数据, 并根据这些数据自动调整发动机扭矩以及制动力分配, 以保持车辆在不受控制的情况下保持稳定。ESC系统的核心是传感器系统, 包括轮速传感器、方向盘转角传感器、惯性传感器 (横摆角速度, 纵向加速度, 横向加速度)等。这些传感器监测车辆的各个参数, 如车辆速度、车辆转向角度、XYZ加速度情况等。ESC系统将这些数据与预设的稳定性标准进行比较, 如果检测到车辆出现偏离控制的情况, 系统会自动介入, 通过减少发动机输出力矩或调整制动力分配, 来恢复车辆稳定。ESC系统旨在减少车辆失控的可能性, 尤其在湿滑、泥泞或冰雪路面、突然转向、急刹车等情况下发挥着重要作用。当车辆出现打滑、侧滑或失控时, ESC系统能够使车辆在极短的时间内做出有效反应, 帮助驾驶员保持行车方向, 减少事故风险。ESC系统的优势包括提高车辆的通过性和稳定性, 提高驾驶员在紧急情况下的应对能力, 降低车辆翻车或侧滑的风险。

2 ESC 系统在汽车安全性能中的重要性



电子稳定控制系统 (ESC) 如图所示

电子稳定控制系统 (ESC) 在汽车安全性能中扮演着至关重要的角色。ESC通过监测车辆运动状态和驾驶员操作, 并在检测到车辆对某些条件的控制可能丢失时介入, 帮助防止车辆失控^[1]。ESC系统能够在行驶过程中帮助车辆保持在预定的行驶轨迹上, 并且降低与侧倾、侧滑或打滑相关的事故风险。主要的作用包括但不限于, 在遭遇失控情况时自动调整车辆方向, 维持车辆在行驶轨迹上的稳定性, 减少制动距离, 并确保车辆对转弯或突发驾驶操作的更快响应。ESC系统的介入可以帮助避免车辆翻滚或打滑等危险情况, 极大地提高了车辆的安全性。在现代安全标准和法规日益严格的今天, ESC系统已成为许多汽车制造商的标配, 并常常被认为是主动安全系统中最为关键的一个。ESC系统对于提高车辆操控性、防止事故发生以及减少驾驶员受伤风险至关重要。可以说, ESC系统的存在不仅仅提升了汽车车辆的整体安全性, 同时也有助于保护驾驶员和乘客的生命和财产安全。

3 ESC 电子稳定控制系统标定方法与过程

3.1 标定目的与需求分析

ESC电子稳定控制系统的标定旨在确保系统在各种道路条件下正常运行, 并能够高效准确地识别车辆的动态状态并采取相应控制策略。标定目的是通过合理设定各个参数, 使ESC系统在车辆处于极限工况时能够实现快速介入以保持车辆稳定性, 提高整车的安全性和操控性。在标定过程中, 需进行的主要分析和目标需求如下。首先, 需对车辆进行系统特性分析, 包括车辆的动力学特性、转向特性、刹车特性等, 以了解车辆的操控特点。其次, 需要明确ESC系统的工作原理及相关控制逻辑, 包括传感器数据采集、算法实现等方面。在达到结果的同时, 还需要优化参数范围, 确保不超出可接受的范围。对于ESC系统标定, 一般分为参数标定和逻辑标定两个部分。参数标定主要完成传感器数据采集和处理算法参数

的设置。逻辑标定则需要根据不同场景制定控制策略,包括转向干预、制动干预等措施。标定过程中,需要进行车辆稳态和非稳态工况下的测试,如疲劳驾驶、急转弯、突然转向等。ESC系统标定的过程中,应该首先制定合理的测试计划和方案,确保全面覆盖各个工况下的标定需求。接着在合适的测试场地或试验台上,搭建相应的测试平台和测试工况,进行数据采集和实时监测。根据数据分析结果,逐步调整ESC系统参数,使其符合车辆的需要,并在不同路况下实现控制目标。最后,进行系统整体性能验证,包括整车的稳定性测试、制动效果测试、甩尾测试等。通过标定与验证的过程,确保ESC系统能够在极端情况下有效干预,并实现车辆稳定控制的目标。

3.2 标定参数的选择与优化方法

ESC电子稳定控制系统的标定是确保系统在各种驾驶情况下仍能有效运作的关键步骤。在标定过程中,选择和优化标定参数是至关重要的,需要明确定义需要标定的参数,这包括但不限于轮速传感器、转向角传感器、惯性传感器(横摆角速度,纵向加速度,横向加速度等)。选择正确的标定参数对于ESC系统的性能优化至关重要。在ESC系统标定的过程中,通常采用试车法、虚拟仿真法或者实车测试相结合的方式。试车法通过现场测试获得数据,虚拟仿真法可以在计算机上进行参数验证,而实车测试则是最终验证标定结果的重要环节。标定参数的选择需根据车辆设计、操控特性以及所在地区的道路状况等因素进行综合考量,确保ESC系统在实际驾驶情况下表现出色。在标定参数的优化过程中,可以采用试错法或者基于模型的优化方法。试错法是通过不断调整参数值并进行测试,根据实际效果反馈进行进一步调整,逐步逼近最佳参数值。而基于模型的优化方法则利用数学模型,结合参数空间搜索算法,寻找最优解。通过这些方法,可以有效提高ESC系统的性能,确保在各种动态驾驶情况下,系统可以及时准确地保持车辆稳定。为了确保ESC系统的标定效果和稳定性,还需进行多组数据的对比和验证,如各项性能指标、参数范围的灵敏度分析等^[2]。

3.3 虚拟仿真环境下的标定过程

在当今汽车工程领域,虚拟仿真技术已经成为ESC电子稳定控制系统标定的一种重要手段。虚拟仿真环境可以在计算机中模拟多种驾驶场景和道路状况,为ESC系统的标定提供高效、精确的方法。在虚拟仿真环境下进行ESC系统标定的过程通常具有几个关键步骤:(1)建立车辆动力学模型。在虚拟仿真软件中,需要建立车辆的动力学模型,包括车辆的质量、惯性、悬挂系统、轮胎特性等。这些模型可以帮助模拟车辆在不同驾驶条件

下的行为,为后续的ESC系统标定提供基础。(2)确定标定参数和目标。在虚拟仿真环境下,可以通过调整模型中的参数来模拟不同的ESC系统工作条件。在标定过程中,需定义目标,如车辆的侧滑角度、持续时间等,以评估ESC系统的性能。(3)执行标定方案。通过虚拟仿真软件中的参数设置和仿真工具,调整ESC系统的参数并进行模拟测试。根据测试结果,评估系统的表现,如是否保持车辆稳定、在极限操控下是否能及时干预等。

(4)优化参数并验证。根据仿真结果,优化ESC系统的参数,多次迭代测试并调整,直至达到满足性能要求的最佳参数配置。然后进行终身验证,比对结果,确保ESC系统在虚拟仿真环境下的可靠性。

3.4 实车测试与数据采集

ESC电子稳定控制系统的标定是确保系统在各种行驶情况下能够快速准确地干预、维持车辆稳定性的关键环节。在ESC系统的标定中,进行实车测试与数据采集是至关重要的步骤。选择合适的测试场地和路况,通常选择具有多样化路况的测试场地,如砾石路、湿滑路面、弯道等,以确保ESC系统在各种环境下都能进行有效干预。在实车测试前,需要做好安全准备,并根据测试目的制定详细的测试方案。进行传感器校准和数据采集,在测试过程中,确保车辆上的各种传感器(如惯性传感器、方向盘转角传感器等)的校准正常。通过传感器采集的数据,可以实时监测车辆的动态状况,并为后续的ESC系统参数调整提供依据。设置不同的测试场景和驾驶动作,包括急加速、急刹车、急转弯等操作,模拟真实驾驶中可能遇到的各种极端情况^[3]。这些测试能够帮助评估ESC系统对于不同行驶状况的响应速度和控制效果。进行数据记录和分析,在测试过程中,应当及时记录并保存ESC系统介入时的数据,包括车速、转向角度、侧倾角等信息。通过数据记录,可以对ESC系统的控制效果进行评估和分析,识别潜在问题并进行进一步优化。根据实测数据和分析结果,调整ESC系统的参数设置和控制逻辑,进行多次测试验证,直至达到满足性能要求的最佳配置。

4 ESC系统应用与性能评估

4.1 ESC系统实车测试

ESC系统是一种重要的车辆动态稳定性控制系统,它通过对车辆的操控进行干预,以提高车辆在各种极端行驶条件下的稳定性和安全性。在ESC系统的研发和优化过程中,进行实车测试是至关重要的步骤。实车测试可以真实模拟车辆在不同路况和行驶环境下的反应表现,为评估ESC系统的性能提供客观依据。在ESC系统的实车测

试中,首先需要选择合适的测试场地和路况,包括干燥路面、湿滑路面、急转弯等多样化道路环境。进行前期准备工作,包括传感器校准、数据采集设备安装等。在测试过程中,进行各种极端驾驶动作,如急加速、急制动、快速变道等,以观察ESC系统的响应速度和控制效果。在实车测试过程中,需要依据ESC系统的设计目标与性能指标,记录并分析车速、侧倾角度、横摆角等各项数据,并观察ESC系统的介入情况和效果。

4.2 ESC系统性能评价指标分析

在评估ESC系统的性能时,需根据车辆动态特性与控制要求,确定相应的性能评价指标。常用的ESC系统性能指标包括但不限于车辆侧滑角度、持续时间、交会速度差、横向加速度等。这些指标可以全面反映ESC系统在各种行驶情况下的控制效果与稳定性能。车辆侧滑角度是评估ESC系统介入程度的重要指标之一,通过对比车辆实际侧滑角度和预期侧滑角度的差值,可以分析ESC系统的控制效果。同时持续时间代表了ESC系统持续稳定车辆的能力,通过该指标可以评估ESC系统对车辆持续性干预的效果。交会速度差和横向加速度也是评价ESC系统性能的重要指标,分别反映了系统在急转弯和紧急制动情况下的控制能力。

4.3 ESC系统在不同路况下的应用效果评估

ESC系统在不同路况下的应用效果评估对于确保系统在各种状况下的可靠性和稳定性至关重要。在干燥路面上,ESC系统可以有效避免车辆打滑和侧滑,提高车辆的稳定性和操控性。在湿滑路面上,ESC系统的介入能够降低失控风险,减少侧滑和转向过于灵敏的情况,提高车辆在湿滑路面的行驶安全性。在急转弯和快速变道等复杂路况下,ESC系统也能够有效发挥作用,快速、精准地干预车辆操控,避免危险情况的发生,提升车辆的操控性和安全性^[4]。ESC系统的应用效果评估可以通过实车测试、数

据采集和分析,综合考量系统的干预速度、稳定性和精度,从而确定系统在不同路况下的最佳工作模式和参数设置,确保车辆在各种复杂驾驶状况下保持稳定。

5 ESC系统在电动车辆和自动驾驶车辆中的应用前景

ESC系统在电动车辆和自动驾驶车辆中的应用前景十分广阔,将对未来汽车行业带来重要的影响和变革。在电动车辆领域,ESC系统的应用可以进一步提升电动汽车的操控性、稳定性和安全性,为驾驶员提供更加舒适和安全的驾驶体验。由于电动汽车具有较高的扭矩、较低的惯性等特点,ESC系统的精准控制可以更有效地避免车辆打滑、侧滑等情况,提高车辆操控性和行驶稳定性,降低驾驶风险。ESC系统在电动车辆中的应用还可以优化能量回收系统,提高车辆的能效和性能表现。在自动驾驶车辆领域,ESC系统也将扮演重要的角色。

结束语

ESC电子稳定控制系统的开发标定是确保汽车行驶安全与稳定性的重要工作。通过本文的介绍,读者可以深入了解ESC系统在实际应用中的标定方法与过程,以及在电动车辆和自动驾驶车辆中的应用前景。期待未来ESC系统能够不断创新与完善,为汽车驾驶者和乘客提供更安全、舒适的出行体验,推动整个汽车行业向着智能、高效、安全的方向迈进。

参考文献

- [1]吴伟.张晓华.汽车电子稳定控制系统(ESC)开发与标定方法研究[J].汽车工程.2020.42(6): 753-759.
- [2]李明.陈勇.ESC系统参数标定及其性能优化研究[J].汽车技术.2021.(2): 1-6.
- [3]王磊.刘志远.基于虚拟仿真的ESC系统开发与标定技术研究[J].机械工程学报.2019.55(10): 180-188.
- [4]张建新.赵云飞.电子稳定控制系统(ESC)在实车测试中的标定与优化[J].车辆与动力技术.2022.(1): 33-38.