

# 智能雨刮系统开发与应用研究

○ 崔国强

(上海禹点电子科技有限公司, 上海 201612)

**摘要:** 本文研究了汽车智能雨刮系统的开发与应用,旨在提升行车安全性、优化驾驶体验并促进节能环保。通过开发智能雨刮系统,实现了对雨量变化的实时感知与自适应响应,有效提高了雨天驾驶的安全性。同时,该系统通过精准控制雨刮的频率与力度,显著优化了驾驶者在雨天的驾驶体验。在系统开发过程中,明确了开发目标,并进行了合理的硬件选型与系统设计。最后,对智能雨刮系统进行了全面的测试,验证了其性能与可靠性,为该系统在实际汽车制造中的应用提供了有力支撑。本研究对于推动汽车智能化发展具有重要意义。

**关键词:** 汽车; 智能雨刮系统; 开发与应用

**中图分类号:** U463 **DOI:** 10.20042/j.cnki.1009-4903.2025.01.014

## Development and Application Research of Intelligent Wiper System

**Abstract:** This article studies the development and application of an intelligent windshield wiper system for automobiles, aiming to improve driving safety, optimize driving experience, and promote energy conservation and environmental protection. Through the development of an intelligent wiper system, real-time perception and response to changes in rainfall have been achieved, effectively improving the safety of driving on rainy days. Meanwhile, the system significantly optimizes the driver's rainy driving experience by precisely controlling the frequency and intensity of the wipers. During the system development process, the development goals were clearly defined and reasonable hardware selection and design were carried out. Finally, a comprehensive test was conducted on the intelligent wiper system to verify its performance and reliability, providing strong support for its application in actual automotive manufacturing. This study is of great significance for promoting the development of intelligent automobiles.

**Key words:** Automobiles; Intelligent wiper system; Development and Application

## 0 引言

在当代汽车工业的快速发展中,智能化已成为推动行业革新与进步的核心动力。作为智能汽车重要组成部分的智能雨刮系统,在提升行车安全性、优化驾驶体验方面作用显著<sup>[1]</sup>。传统雨刮系统在应对复杂多变的气候条件时,往往难以准确满足不同雨量的需求,从而影响驾驶者的视线清晰度与行车安全。相比之下,智能雨刮系统能够实时感知降雨量,并自动调节雨刮的频率和力度,确保在雨天条件下,驾驶者也能保持清晰的视野。此外,该系统还能通过智能调控策略来减少能源消耗,符合现代汽车节能环保的发展理念。鉴于此,本文旨在深入探讨智能雨刮系统的开发与应用,以促进智能汽车技术的持续创新与发展。

## 1 汽车智能雨刮系统的开发意义

### 1.1 安全性提升

在雨天或恶劣气候环境下,驾驶员的视野容易受阻。传统的人工操作雨刮系统往往难以迅速应对雨势的变化。智能雨刮

系统借助集成的感应器,能够及时检测车窗表面的雨滴浓度与下落速度,自动调整雨刮的工作频率与压力,以确保驾驶员始终拥有清晰的视线<sup>[2]</sup>。这一功能降低了因视线不清而引发交通事故的可能性,提升了雨天行车的安全性。此外,智能雨刮系统还能与车辆的自动刹车、车道保持等辅助功能协同运行,共同构成一套更为完善的安全防护体系。

### 1.2 驾驶体验优化

传统雨刮系统需要驾驶员手动操作,这不仅要分散驾驶员的注意力,而且在应对突发降水时,可能因操作时机不当或手法不准确而影响驾驶体验。相比之下,智能雨刮系统实现了自动化控制流程,驾驶员无需分心调整雨刮设置,可以更加专注于道路状况与行车安全<sup>[3]</sup>。智能雨刮系统能够根据降雨强度智能调整工作模式,防止过度刷动造成的车窗磨损以及由此产生的噪声,从而提高驾驶过程中的舒适度与静谧性。此外,许多智能雨刮系统还配备了自我诊断与故障预警功能,帮助驾驶员及时发现并解决潜在问题,确保雨刮系统的稳定可靠运行。

表1 智能雨刮系统需求项和目标要求

需求项	目标要求
雨量感应范围 / mm/min	0.03~0.92
车速适应范围 / km/h	18.2~175.6
雨刮速度调节级别	7挡
响应时间 / s	< 2.5

## 2 汽车智能雨刮系统的设计与测试

### 2.1 开发目标

智能雨刮系统旨在根据雨量大小、车速等因素自动调节雨刮速度，为驾驶员提供清晰视野，增强行车安全性。具体需求和目标如表1所示。

### 2.2 硬件选型与设计

#### 2.2.1 车速传感器

采用霍尔式车速传感器，输出脉冲信号频率与车速成正比，车速计算公式为：

$$v = 0.03 \sqrt{\sum_{j=1}^{10} (f_j - \bar{f})^2} + 15.6 \quad (1)$$

式中  $v$ ——车速

$f_j$ ——第  $j$  次测量的脉冲信号频率

$\bar{f}$ ——脉冲信号频率平均值

采集到 10 次脉冲信号频率测量值：

$$f = [21.3, 22.1, 20.9, 23.2, 21.7, 22.5, 21.1, 22.8, 21.5, 22.3] \quad (2)$$

计算脉冲信号频率平均值  $\bar{f}$ ：

$$\sum_{j=1}^{10} (f_j - \bar{f})^2 = 5.244 \quad (3)$$

计算车速  $v$ ：

$$v = 0.03 \sqrt{5.244} + 15.6 \approx 0.03 \times 2.29 + 15.6 \approx 15.67 \text{ km/h} \quad (4)$$

#### 2.2.2 控制单元

选用高性能单片机作为控制单元，接收传感器信号，进行算法计算并输出控制信号给雨刮电机。

#### 2.2.3 雨刮电机

采用直流永磁电机，可根据控制信号调整转速。雨刮速度调节系数计算：

$V_{\text{rain}} \approx 0.16$  对应雨量区间 0.03~0.18,  $v \approx 15.67$  对应车速区间 18.2~45.3, 雨刮速度调节系数为：

$$0.22 + 0.002 \times 15.67 + 0.1 \sqrt{0.16} = 0.22 + 0.03134 + 0.1 \times 0.4 \approx 0.29 \quad (5)$$

## 2.3 系统测试

### 2.3.1 测试方案设计

为了全面评价智能雨刮系统的效能，制定了详细的试验计

划，涉及多种雨量等级与车辆行进速度的组合，以复现各类真实的道路行驶情境。该试验需在专业的汽车试验场内实施，借助精密的降雨模拟设施及速度调控系统，以保证实验数据的精确性与可信度。

### 2.3.2 测试项目及指标

第一，雨量感应的精确度。通过比较传感器在不同降雨强度下的输出电压与理论预测值之间的偏差，偏差应在  $\pm 5\%$  范围内；第二，车速感应的精确度。在不同车速下，分析传感器输出的车速与实际车速之间的差异，该差异应控制在  $\pm 3\%$  以内；第三，雨刷速度调整的合理性。评价调整的雨刷速度系数与实际的降雨量、车速之间的适应性，通过主观评估与客观数据对比，确保调整效果满足预期需求；第四，响应时间。记录系统从识别到雨量或车速变化直至相应调整雨刷速度所花费的时间，要求响应时间低于 2.5 s。

### 2.3.3 测试数据记录与分析

(1) 通过雨量感应准确性测试：根据表 2 中的测试数据，雨量传感器输出的电压与理论计算结果之间的偏差均控制在  $\pm 5\%$  范围内，证实了雨量感应的精确度符合预期设计标准。

表2 雨量感应准确性测试

实际雨量 / (mm/min)	理论电压 / V	实际电压 / V	电压误差 / %	是否合格
0.05	0.17	0.175	2.94	是
0.2	0.22	0.228	3.64	是
0.4	0.31	0.322	3.87	是
0.6	0.4	0.418	4.5	是
0.8	0.5	0.523	4.6	是

(2) 车速感应的精确性评估：车速传感器反馈的车速与真实车速之间的偏差控制在  $\pm 3\%$  内，显示了车速感应的高精度，确保了向系统提供稳定可靠的车速信息。

(3) 雨刮速度调整的合理度评测：通过综合主观判断与客观数据对比，雨刮速度调整的比例与实际降雨量及车速的匹配度良好，调整结果基本符合预期目标，但仍有待在特定条件下进一步优化。

(4) 反应时间检验：在各种降雨量与车速变动情形下，系统的反应时间均低于 2.5 s，达到了预定标准，反映出其反应迅速能及时响应并调整雨刮速度。

为了确保系统的全面性能，进行了包括不同雨量等级与车速条件下的功能验证以及响应时间评估等一系列测试。基于测试反馈，对算法参数与硬件配置进行了相应的调整，旨在提升系统的整体性能与稳定性。通过这一系列的研发流程，成功构建了一个能够依据实时雨量与车速自动调节雨刮速度的智能化

雨刮系统。

### 3 汽车智能雨刮系统的应用

#### 3.1 智能感知与自适应调整

智能雨刮系统的核心功能在于及时识别雨量变化并自动调整刮水速度<sup>[4]</sup>。为实现这一目标，需选用高精度与高灵敏度的传感器，如光学或红外线传感器，以精确测量雨滴的尺寸、浓度及速度。随后，通过高级算法处理传感器收集的数据，智能雨刮系统能够迅速评估雨量强度，并自动调节刮水器的速度。这种动态调节机制不仅确保了驾驶者在雨天能保持清晰的视野，而且解决了传统雨刮系统因人为调节失误导致视线模糊的问题。在实施策略时，应重视传感器的配置与选择，确保其能全面覆盖挡风玻璃的重要区域，同时减少外部因素如阳光、灰尘的影响。此外，算法的优化也至关重要，需持续对算法进行更新改进，以提升智能雨刮系统的准确度与稳定性。

#### 3.2 智能节能与环保策略

智能雨刮系统的应用不仅提升了行车安全，同时也响应了节能减排的时代号召<sup>[5]</sup>。它通过调节雨刮器的工作速度与频率，确保驾驶者拥有清晰的视线，同时最大程度地减少能源消耗。为达到这一目的，系统采用了高效能的电机与驱动组件，以及优化的控制算法。在策略实施层面，可以将智能雨刮系统与车辆的能源管理模块整合，实现更精确的能耗管理。例如，在车辆启动或运行时，系统能够依据车速、路面状况等条件自动调整雨刮速度，从而有效节省能源。此外，通过分析智能雨刮系统的数据，还可以评估驾驶员的驾驶模式，进而提供定制化的节能指导。

#### 3.3 智能互联与协同策略

伴随车联网技术的持续发展，智能雨刮系统能够与车辆的其他智能组件实现互联互通及协作<sup>[6]</sup>。具体而言，智能雨刮系统可与车辆导航系统集成，依据气象预报、实时交通状况动态调整雨刮速度。此外，它还能与自动驾驶系统配合，为自动驾驶车辆提供更精确的雨水感知与响应能力。在制定应用策略时，

应着重规范智能雨刮系统与其他智能系统的接口与数据交换标准，以确保各系统间的顺畅衔接与高效协同。同时，还需强化智能雨刮系统的网络安全防御机制，以防备黑客入侵、数据泄露等安全威胁。

### 4 结束语

总之，汽车智能雨刮系统的开发及实践应用增强了行车安全，优化了驾驶感受，同时也积极呼应了环保节能的理念。经过深入研究，已经成功实现对雨水量变化的精确监测与及时应对，有效解决了雨天驾驶时视线受阻的问题，极大地提升了驾驶的安全性。此外，智能雨刮系统所具备的智能化操控特性，也减少了能源消耗，对环境保护及可持续发展目标起到了积极作用。展望未来，我们计划持续深化并完善智能雨刮系统的功能，以更全面地满足驾驶员的需求，促进智能汽车技术的不断进化。

### 参考文献

- [1] 陈锦华, 张广冬, 宋树权. 汽车智能雨刮系统雨滴检测方法研究进展[J]. 汽车工程学报, 2023, 13(1): 8-21.
- [2] 赵薇. 基于视觉图像处理的雨刷控制系统的设计[J]. 汽车实用技术, 2024, 49(4): 30-35.
- [3] 肖超. 基于模型的商用汽车雨刮洗涤控制系统设计[J]. 汽车电器, 2024(2): 59-62.
- [4] 张涛, 张静. 汽车雨刮系统常见售后投诉问题及原因分析[J]. 大众汽车, 2023(12): 0001-0004.
- [5] 安福冬, 李君译, 孔德飞. 基于实验的卡车雨刮系统性能优化与技术创新[J]. 大众汽车, 2024(6): 0016-0018.
- [6] 黄薇, 王鸣一. 某微型车雨刮系统刮水不良问题分析[J]. 汽车测试报告, 2023(8): 104-106.