交通流量对行驶特征及城市道路试验的影响研究

陈佳明　刘占国　薄昊　王思齐　董广伦

（中国第一汽车股份有限公司研发总院，长春 130013）

【欢迎引用】陈佳明，刘占国，薄昊，等．交通流量对行驶特征及城市道路试验的影响研究[J]．汽车文摘，2026(3)：50-55.

【Cite this paper】CHEN J M, LIU Z G, BO H, et al. Research on the Impact of Traffic Volume on Driving Characteristics and Urban Road Testing[J]. Automotive Digest (Chinese), 2026(3): 50-55.

【摘要】为研究不同交通流量对车辆行驶特征及城市道路试验的影响，基于实车采集的高峰与非高峰时段CAN总线数据，对车速、挡位、加速踏板开度、发动机转速、制动主缸压力、制动频率、转向盘转角等动态参数进行统计分析。结果表明：高峰时段车辆长时间处于低速、低挡位状态，启停切换、加速与制动操作频率显著高于非高峰时段，驾驶辅助系统触发更为频繁；非高峰时段车辆则更多运行于中高速、中高挡位区间，动力负载与操作平稳性相对较高。高峰时段的高频、高负载工况更适用于验证车辆动力总成、制动系统及驾驶辅助功能在拥堵环境下的可靠性与耐久性；非高峰时段则更利于评估车辆在中高速条件下的综合性能。

关键词：交通流量；车辆行驶数据；行驶特征；城市道路试验

中图分类号：U467.1　　**文献标志码：**A　　**DOI:** 10.19822/j.cnki.1671-6329.20240299

Research on the Impact of Traffic Volume on Driving Characteristics and Urban Road Testing

Chen Jiaming, Liu Zhanguo, Bo Hao, Wang Siqi, Dong Guanglun

（Global R&D Center, China FAW Corporation Limited, Changchun 130013）

【Abstract】To investigate the influence of different traffic flow conditions on vehicle driving characteristics and urban road testing, a statistical analysis is conducted on dynamic parameters such as vehicle speed, gear position, throttle opening, accelerator pedal speed, brake master cylinder pressure, braking frequency, and steering wheel angle, based on real vehicle CAN bus data collected during peak and off-peak hours. The results show that during peak hours, vehicles operate for extended periods at low speeds and in low gears, with significantly higher frequencies of start-stop transitions, accelerating and braking operations, and more frequent activations of driver assistance systems. In contrast, during off-peak hours, vehicles predominantly operate at medium to high speeds and in medium to high gears, with relatively higher power loads and smoother operational stability. The high-frequency, high-load conditions during peak hours are more suitable for verifying the reliability and durability of the vehicle powertrain, braking system, and driver assistance functions in congested environments, while off-peak hours are more conducive to evaluating the overall performance of vehicles under medium-to high-speed conditions.

Key words: Traffic volume, Vehicle driving data, Driving characteristics, Urban road testing

0　引言

在汽车开发过程中，可靠性试验是确保车辆功能性和耐久性的重要环节之一[1-2]。传统的试验方法（如台架试验和试验场强化试验）虽然具有试验周期短、成本低的优势，但这些方法均无法完全模拟真实道路下的复杂工况[3-5]。相较而言，道路试验更贴近用户的实际使用工况，通常安排在车辆接近量产的阶段进行，以更全面、真实地验证整车性能[6]。

在道路试验场景中，城市工况因其复杂程度高、使用频率高，成为车辆测试的首要选择[7]。随着中国汽车市场的快速发展，城市交通拥堵日益严峻[8-9]，车辆在高峰和非高峰时段面临的行驶工况差

异显著，交通流量的变化不可避免地影响车辆的动态行为和道路试验结果。基于实测数据进行分析是常用的研究方法，如电动汽车驱动系统的试验方法[10]、柴油车NO_x排放分析研究[11]，车辆行驶工况的识别方法[12]等，但针对高峰与非高峰时段交通流量变化对车辆驾驶行为影响的系统性数据分析，目前仍较为缺乏。

本文通过对高峰和非高峰时段的车辆实际行驶数据进行系统分析，确定关键动态参数的分布特征，深入探讨交通流量变化对车辆行驶特征及城市道路试验的影响，旨在为优化汽车设计和改进城市道路试验提供参考依据。

1 试验设计与方法

1.1 试验车辆与要求

选用10辆配置相同的车辆进行试验，每辆车均安装CAN总线数据采集设备，车辆参数见表1。试验车辆连续多个工作日全天候在城市道路上模拟正常用户的驾驶行为。试验地点选取全国城市交通拥堵指数排名前十的南京市，试验路线覆盖学校、医院、景区、车站和商场等主要城市功能区的主干道，以充分覆盖用户的实际使用场景。

表1 车辆技术参数

变速箱类型	湿式双离合
发动机排量/mL	1 498
驱动形式	前置两驱
整车质量/kg	1 645

1.2 数据采集与处理

试验数据分为2个时间段进行整理归类：高峰时段（7:00~9:00，17:00~19:00）和非高峰时段（9:30~11:30，14:30~16:30）。通过安装在车辆上的CAN总线数据采集设备，记录车辆在不同时间段的行驶数据，包括车速、挡位、发动机转速等，旨在捕捉不同交通流量条件下车辆的实际驾驶行为。

经确认，所选试验路线上的红绿灯最长等待时间≤2 min。本文将连续停车时间>2 min的数据标记为“休息”，并予以剔除，以确保数据准确反映车辆的实际行驶状态，避免异常停车对分析结果的影响。有效行驶时间计算公式为：

$$T_{\text{effective}}=T_{\text{total}}-\sum T_{\text{idle}}(T_{\text{idle}}>2\ \text{min}) \tag{1}$$

式中：$T_{\text{effective}}$为有效行驶时间；T_{total}为总行驶时间；T_{idle}为每次停车的持续时间，当T_{idle}>2 min时，将其从总时间中剔除。

为分析各统计参数（如车速、挡位、加速踏板开度等）在不同范围的时间占比，定义参数R_{P_i}代表相对用时占比。具体来说，所统计参数P的范围区间i，在有效行驶时间内的总用时为T_{P_i}，其相对用时占比计算公式为：

$$R_{P_i}=T_{P_i}/T_{\text{effective}} \tag{2}$$

为提升统计结果的代表性，将每辆车每日的测试数据视为一个独立样本。最后计算所有样本的平均值作为最终统计结果，以消除个体差异和偶然因素的影响，从而更准确地反映总体趋势。计算公式为：

$$\bar{R}_{P_i}=\frac{1}{n}\sum_{m=1}^{n}R_{P_{im}} \tag{3}$$

式中：$\bar{R}_{P_i}$为所有样本关于统计参数P在范围i下的相对用时占比的平均值，$R_{P_{im}}$为第m个样本的计算结果，n为参与计算的样本数。

通过上述方法，可统计得到各参数在不同交通流量条件下的相对用时占比，从而实现对车辆行驶特征的精细化对比分析。

1.3 数据分析方法

本次数据分析主要使用Python编程语言进行处理和计算。首先，通过Python对从CAN总线采集的数据进行清洗和预处理，剔除无效数据点。随后，借助Pandas和NumPy库进行统计分析，计算各参数在高峰和非高峰时段的统计结果。

本方法旨在全面覆盖车辆在实际城市道路行驶中遇到的各种工况，通过对大量实车数据的统计分析，揭示不同交通流量对车辆行驶特征和城市道路试验的多方面影响。

2 结果与讨论

2.1 车速与挡位

图1和图2分别展示了车辆在城市道路行驶过程中，不同时段下的车速和挡位分布结果。高峰与非高峰时段下的怠速状态用时占比最高，分别为23%和19%。这表明在城市交通环境中，尤其是在高峰时段，车辆频繁处于停滞状态。

在车速分布方面，高峰时段的车速明显偏低，55%的时间车速<20 km/h，其中0~10 km/h速度区间的占比达到了17%。随着车速增加，对应区间的相对用时逐渐减少。这种趋势表明，高峰期拥堵的交通流量限制了车辆的行驶速度，导致车辆在低速区间运行时间更长。相对而言，非高峰时段的车速分布较为均匀，

主要集中在20~60 km/h，占比达48%，其中30~40 km/h速度区间的占比最高。

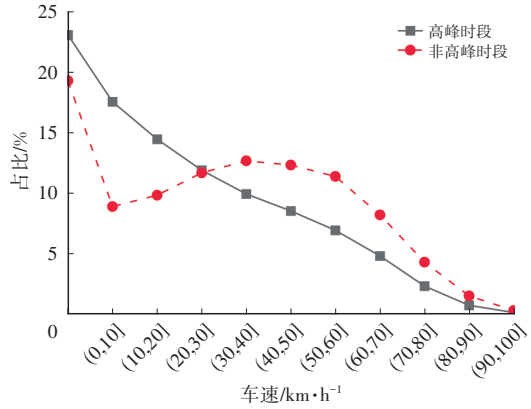


图1　速度分布

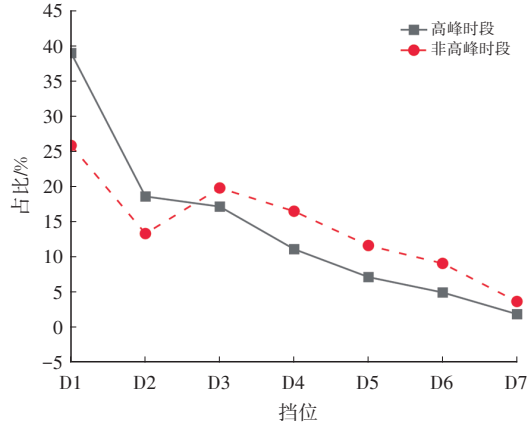


图2　挡位分布

挡位分布与车速分布呈现出相似的趋势。高峰时段车辆使用D1挡位的时间占比近40%，体现出车辆在该时段长时间处于怠速和爬行的状态。整体走势随着挡位提升，相对用时逐渐减少。非高峰时段的挡位使用更加均衡，虽同样以D1挡为主，但占比相对高峰时段较低。其他挡位的使用时间则呈现先增后减的走势，在D3挡达到了最大值20%，同时D3至D7挡位的相对用时明显高于高峰时段。

不同时段下车速与挡位的分布差异，对车辆的道路试验有重要影响。高峰时段更密集的车流量，导致变速箱更多工作在低速、高扭矩的高负荷工况下，长期运行可能加速箱体内零部件的磨损与老化，因此该工况有利于验证变速箱的可靠性。另外，低挡位的换挡顿挫、冲击问题是很多用户在日常使用中常见的抱怨项。利用高峰时段的试验环境，可以更好地测试车辆的驾驶平顺性。而非高峰时段的试验则有助于评估车辆在更高车速和更广挡位范围内的综合性能，确保其在多种速度条件下的整体性能。

2.2　加速踏板开度与发动机转速

图3展示了高峰与非高峰时段的加速踏板开度分布结果。总体来看，2个时段内10%~20%的加速踏板开度占比最高，分别为28%和26%。高峰时段0~20%的加速踏板开度占比显著高于非高峰时段，反映了拥堵环境下驾驶员更多通过低加速踏板提速以应对频繁的停车和起步。在非高峰时段，20%~50%的加速踏板开度占比更高，表明在交通阻力较少的情况下，驾驶员倾向于通过中度加速踏板提升车速。

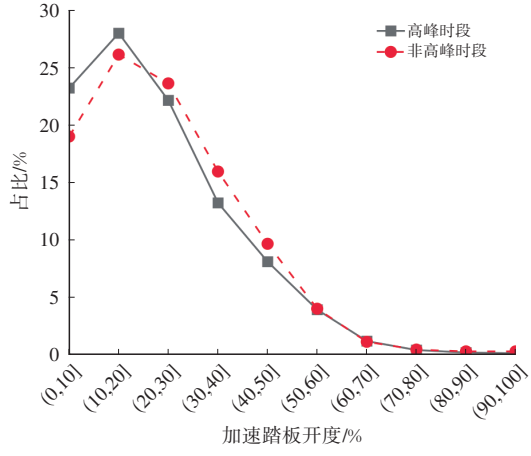


图3　加速踏板开度分布

发动机转速分布进一步印证了以上结论。如图4所示，2个时段的车辆发动机转速主要集中在500~2 000 r/min，占整体运行时间的90%以上。在高峰时段，发动机转速为500~1 000 r/min的占比显著高于非高峰时段，这与高峰期更多的怠速工况相符。而在非高峰时段，发动机转速为1 500~2 000 r/min的占比更高，这主要是由于车流量较少时更多使用中度加速踏板开度加速，从而提高了发动机转速。

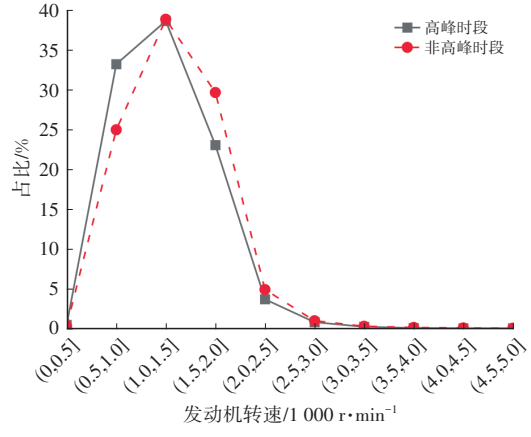


图4　发动机转速分布

为了研究不同时段驾驶员对车辆的操控情况，本文以5 s为时间窗口，统计所有车辆在每个窗口内的发动机转速波动情况，绘制箱线图进行不同时段

的结果对比，如图5所示。图5表明，高峰时段的发动机转速波动范围显著高于非高峰时段，平均值分别为423 r/min和367 r/min。由此可见，高峰时段由于车流量增大，驾驶员对车辆的操控更加频繁，具体体现在更频繁的加速与减速等驾驶行为。

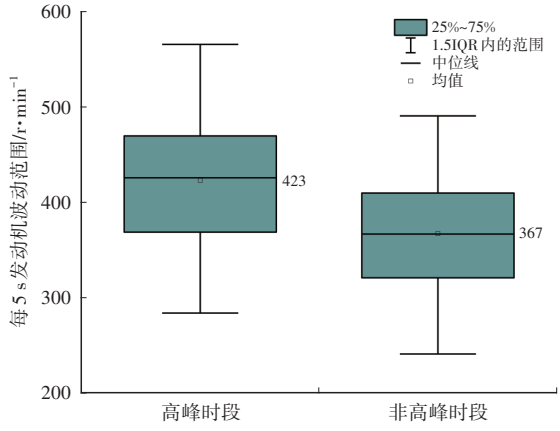


图5　发动机转速波动范围

结合以上统计，高峰时段驾驶员更多通过加速踏板控制车速，同时在怠速与爬行工况中频繁切换，加重了发动机的负荷波动，这一环境有利于测试发动机在负荷频繁变化时的响应速度和稳定性。尤其是低加速踏板开度起步工况，当加速踏板开度过小至无法提供足够的扭矩来克服车辆的行驶阻力时，发动机转速会迅速下降，极易发生熄火等潜在问题。相比之下，非高峰时段可以通过更高的加速踏板开度，测试车辆的瞬时动力性能和高速运行平稳性能。

2.3　制动主缸压力与制动频率

对不同时段，车辆施加制动过程中的主缸压力分布情况进行统计，结果如图6所示。图6表明，2个时段的压力分布走势相同，随着压力增加，相应的时间占比逐渐减少。其中，0~1 MPa的压力区间占比超过了60%，表明驾驶员在城市道路行驶时主要通过小制动压力调节车速。高峰时段在0~0.5 MPa区间的占比显著高于非高峰时段，反映出交通更加拥堵的情况下，驾驶员更倾向于通过轻踩制动踏板的方式控制车速。相对而言，非高峰时段在1~2 MPa区间的占比明显更高。

图7对比了2个时段的制动频率。结果显示，高峰时段的制动频率显著高于非高峰时段，表明驾驶员需要更频繁地进行制动操作以应对更加拥堵的交通环境。频繁的制动会加速制动系统的磨损甚至变形，进而引发异常振动、制动异响等潜在故障，因此高峰时段更有助于评估制动系统在高频率使用下的耐久性和稳定性。

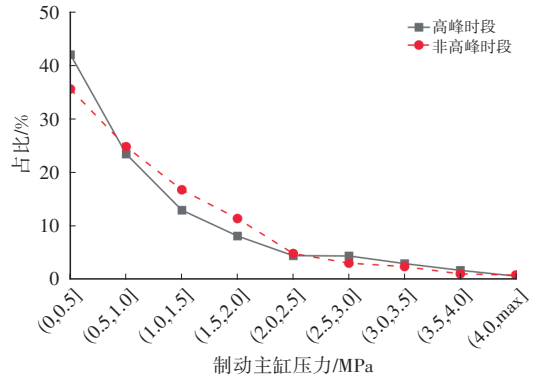


图6　主缸压力分布

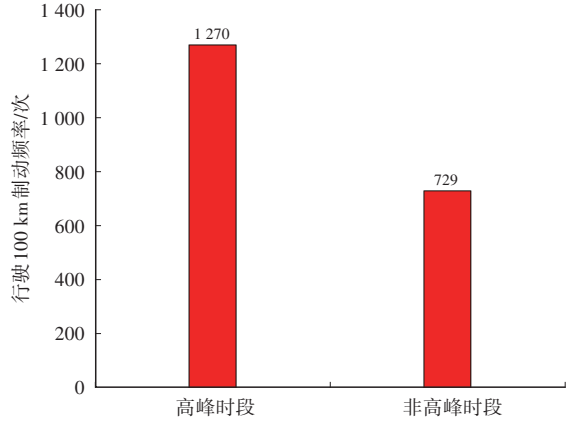


图7　制动频率

2.4　转向盘转角与转向频率

图8展示了转向盘转角分布统计结果。2个时段的转向盘转角分布走势完全重合，相对用时均随着转角增加而逐渐减小，其中0~5°的转角区间占比均达到了65%以上。图9展示了转向盘转角波动范围统计结果，2个时段在5 s时间窗口下的转角波动均值均为16°。以上分析表明，驾驶员在行车过程中以小角度控制转向盘转向为主，不同交通流量对转向盘的转角分布和波动范围几乎没有影响。

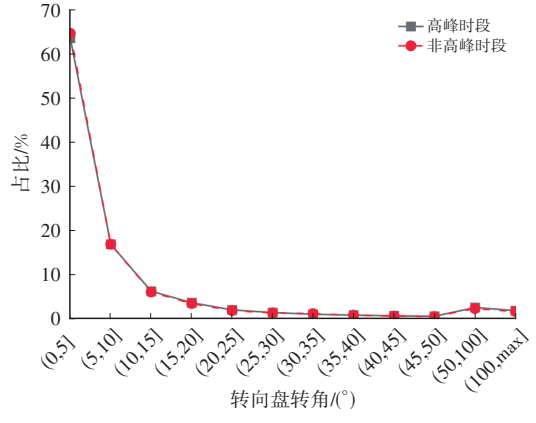


图8　转向盘转角分布

图10展示了2个时段的转向盘转向频率对比结果。高峰时段的转向频率显著高于非高峰时段，反映

出驾驶员更加频繁地进行转向以应对更加拥堵的交通状况。频繁的小幅度转向为评估转向系统的耐久性和稳定性提供了更好的测试环境，尤其是在应对连续不断的微调操作时的性能表现。

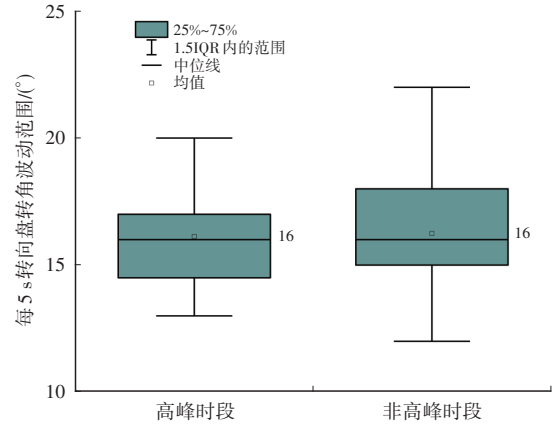


图 9　转向盘转角波动范围

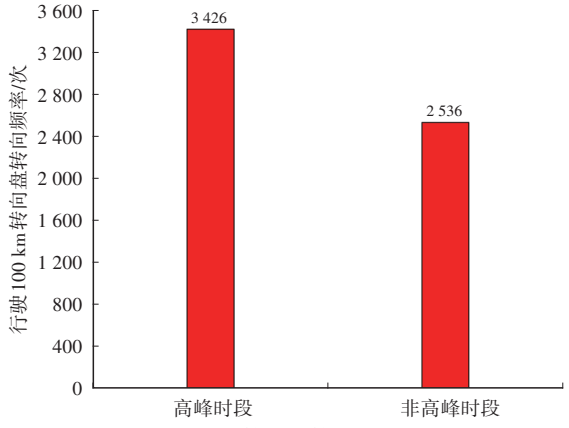


图 10　转向盘转向频率

2.5　纵向与横向加速度

图 11 和图 12 分别展示了纵向与横向加速度分布统计结果，2 个时段均整体呈现出正态分布特征。其中，纵向与横向加速度的主要分布区间分别是−0.4~0.4 m/s²和−0.2~0.2 m/s²，且此区间下高峰时段的占比更高，反映出拥堵环境下驾驶员对车辆的操控相对缓和。相较之下，非高峰时段则在更大的加速度范围区间占比更高。

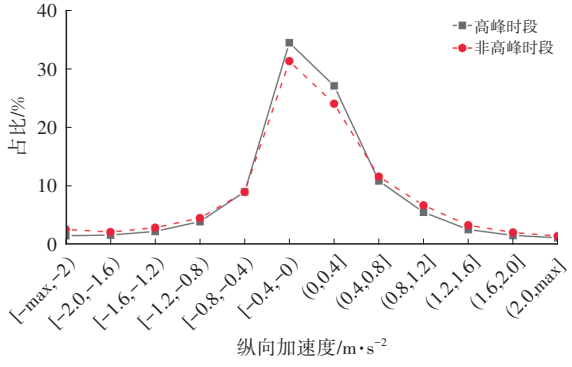


图 11　纵向加速度分布

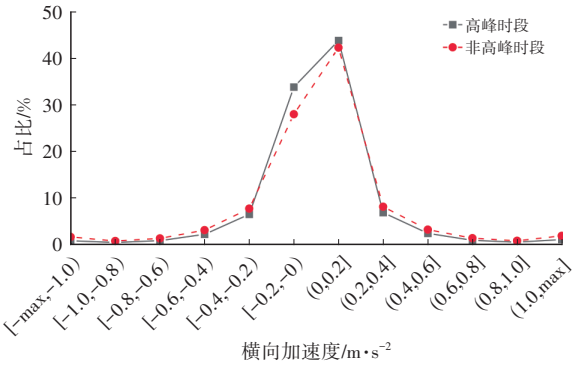


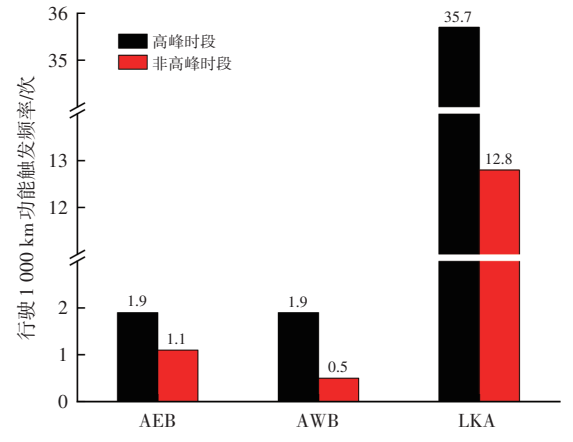
图 12　横向加速度分布

2.6　驾驶辅助功能统计

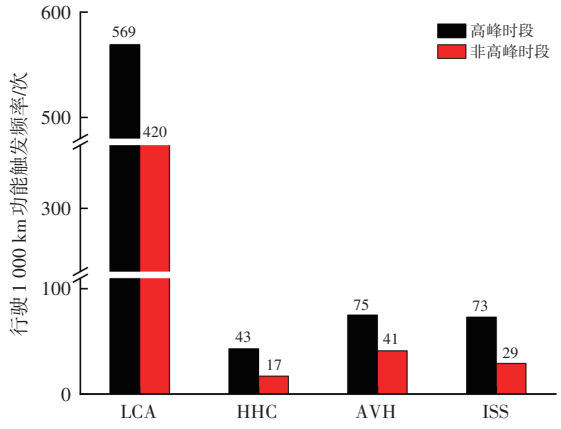
驾驶辅助功能在车辆日常行驶中扮演了重要角色，为出行提供了更多的便捷与安全保障。为了深入分析其在不同交通条件下的表现，本文选取了几项用户最为常用且对行车安全影响较大的驾驶辅助功能，对比了它们在不同时段下的触发频率。具体统计项目见表 2，统计结果见图 13。结果显示，所统计的驾驶辅助功能触发次数，高峰时段均明显高于非高峰时段。其中，直接影响行驶安全的 AEB 功能在高峰时段的触发次数接近其他时段的 2 倍，AWB 功能更是高出 3 倍，而日常行车中常用的 ISS 功能也是非高峰时段的 2.5 倍。这表明高峰时段由于交通密度大，车辆面临更复杂的行驶环境，需要辅助系统更频繁地介入以保障行驶。

表 2　驾驶辅助功能统计项目

驾驶辅助功能名称	英文全称及英文缩写
自动紧急制动系统	Automatic Emergency Braking (AEB)
车辆点刹报警系统	Auto Wheel Braking (AWB)
车道保持辅助系统	Lane Keeping Assist (LKA)
车辆变道辅助系统	Lane Change Assist (LCA)
坡道辅助系统	Hill Hold Control (HHC)
自动驻车系统	Automatic Vehicle Hold (AVH)
怠速起停系统	Idle Stop and Start (ISS)



(a)AEB、AWB、LKA 功能触发频率



（b）LCA、HHC、AVH、ISS功能触发频率

图13　驾驶辅助功能触发频率

虽然以上功能可以更好地辅助车辆驾驶，但在使用过程中一旦出现故障，如AEB功能误触发、怠速启停介入后车辆无法正常启动等问题，往往会导致用户产生极大的抱怨甚至索赔。利用高峰时段拥堵的交通环境特性，可以更高效地验证这些功能的可靠性和反应速度，对于提高车辆在复杂交通环境下的安全性和舒适性具有重要意义。

3　结束语

本文通过对比不同时段城市道路工况下的车辆动态数据，揭示了不同交通流量对车辆行驶特征和城市道路试验的影响，得出以下结论：

（1）在高峰时段更加拥堵的交通环境下，车辆主要在低速、低挡位条件下运行，同时通过更频繁的低加速踏板开度和低制动力来控制车速。这种运行环境可以更有效地测试发动机、变速箱和制动系统的可靠性。相较之下，非高峰时段车辆以更高速度和挡位行驶，有助于评估其在不同条件下的性能表现。

（2）日常行车中，驾驶员主要通过小角度转动转向盘的方式控制方向。密集的交通流量会增加转向频率，可以更好地测试转向系统在高频微调下的准确度和耐久性。

（3）高峰时段密集的交通流量使车辆处于更复杂的行驶环境，显著提高了驾驶辅助功能的触发频率。此环境可以更高效地测试相关功能在实际使用过程中的表现，以提高车辆整体的安全性和舒适性。

（4）在城市道路工况下进行车辆道路试验时，覆盖完整的高峰时段对于整个试验具有重要意义。

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] 李纪雄, 罗朝辉. 基于等效试车原理的汽车可靠性试验规范的开发[J]. 汽车工程, 2011(11): 990-993.

[3] 吴妙钦, 李浪. 室外道路试验在汽车开发中的重要性研究[J]. 黑龙江科学, 2019(4): 102-103.

[4] 张禄. 大型营运客车用户关联试验场可靠性理论分析及试验研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2015.

[5] 魏朗, 周文财, 田顺, 等. 强化试验技术在车辆可靠性试验中的应用[J]. 机械设计, 2020(1): 1-9.

[6] 董炳健, 王久乐, 姜柯, 等. 基于bayes成功型试验模型的整车试验可靠度分析[J]. 车辆与动力技术, 2024(1): 49-54.

[7] 吉雷, 袁志刚, 姚伟, 等. 电动车城市道路循环试验开发方法研究[J]. 时代汽车, 2024(4): 141-143.

[8] 朱文意. 长江经济带城市汽车共享环境测度研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2019.

[9] 张浩然, 刘宇, 谭秀杰, 等. 新能源汽车跨越式发展对城市交通拥堵的影响研究[J]. 中国管理科学, 2024(7): 1-19.

[10] 赵礼辉, 王震, 冯金芝, 等. 基于用户大数据的电动汽车驱动系统可靠性试验循环工况构建方法[J]. 机械工程学报, 2021(14): 129-140.

[11] 吕立群, 徐龙, 尹航, 等. 重型柴油车实际道路NO_x排放分析方法研究[J]. 汽车工程, 2024(1): 151-160.

[12] 唐香蕉, 满兴家, 阙雨晨, 等. 汽车行驶工况特征参数优化研究[J]. 汽车电器, 2022(11): 54-59.

（责任编辑　**明慧**）