

插电式混合动力汽车实际道路行驶的排放与能耗对比分析

高 洁, 肖 宇, 李长宇, 董庆奇, 杨锦天, 王 俊

中机科(北京)车辆检测工程研究院有限公司 北京

【摘要】为了解插电式混合动力汽车在实际道路正常行驶过程中不同电量区间下的排放情况, 本文采用了便携式车载排放测试设备对一辆满足国五法规的插电式混合动力汽车(比亚迪宋)进行实际道路行驶排放试验。分析车辆在不同电量区间下、电量消耗模式与充电模式的排放与能耗差异。试验结果表明: 当电量处于 80%-65% 区间时, 车辆气态污染物的排放与油耗明显降低, 表现出较好的排放特性和燃油经济性。当车辆处于充电状态时, 发动机给车辆提供动力的同时还要给蓄电池充电, 使得发动机运行负荷较高, 导致车辆排放大幅度增加。

【关键词】插电式混合动力汽车; 车载排放测试; 排放特性; 能耗

Comparative analysis of emission and energy consumption of plug-in hybrid electric vehicle on actual road driving

Jie Gao, Yu Xiao, Changyu Li, Qingqi Dong, Jintian Yang, Jun Wang

Zhongjike (Beijing) Vehicle Testing Engineering Research Institute Co., Ltd, Beijing, China

【Abstract】In order to understand the emission of plug-in hybrid electric vehicle (PHEV) in different electric quantity intervals during the actual road running, this paper adopts portable vehicle-mounted emission testing equipment to carry out the actual road running emission test on a PHEV (BYD Song) that meets the national five regulations. The emission and energy consumption differences of vehicles in different electric range, electric consumption mode and charging mode are analyzed. The test results show that when the electric quantity is in the range of 80%-65%, the gaseous pollutant emission and fuel consumption of the vehicle are significantly reduced, showing better emission characteristics and fuel economy. When the vehicle is in charging state, the engine to provide power to the vehicle at the same time to charge the battery, so that the engine running load is high, resulting in a significant increase in vehicle emissions.

【Keywords】Plug-in hybrid electric vehicle; Vehicle emission testing; Emission characteristics; energy consumption

1 前言

插电式混合动力汽车(Plug-in hybrid electric vehicle, PHEV)是在混合动力汽车(HEV)的基础之上派生出来的一种新型汽车, 此车辆的功能介于混合动力汽车和纯电动汽车(EV)之间, 不仅具有 HEV 的油电混合运行模式, 还具有 EV 的纯电运行模式。是 HEV 车辆向 EV 车辆过渡的一种新形式。PHEV 车辆不仅能够充分地利用电能, 还能减少对传统化石燃料的消耗, 还具有纯电动汽车和混合动

力汽车的优点, 而且也有更好的燃油经济性和排放性能^[1], 因此成为了当前新能源汽车领域的研发热点。

大量研究表明, 目前使用的实验室测试循环尚不能覆盖实际行驶情况下的运行工况, 并且实验室排放的测试结果与实际排放状况可能存在较大差异^[2]。为了减小此差异, 将便携式车载排放测试系统(portable emission measurement system, PEMS)运用于车辆尾气排放评估的技术近年来得到了快速发

展。PEMS 测试结果可以真实反映车辆在实际行驶过程中的排放特性, 各国相继把 PEMS 纳入到排放标准体系中^[3-4]。

本文选取了一辆满足国五法规的 PHEV 车辆(比亚迪宋)利用车载排放测试设备(portable emission measurement system, PEMS)开展实际道路排放测试, 采集车辆瞬时排放数据, 研究车辆在油电混合模式下的不同电量情况对车辆能耗与排放的影响。

2 测试车辆及测试路线

2.1 测试车辆

本文选取了比亚迪宋在 HEV 模式下进行测试, 测试车辆的具体信息如下:

项目	技术参数
发动机技术	汽油缸内直喷+涡轮增压
发动机排量	1.5L
发动机型号	BYD476ZQA
发动机额定功率	105kW
进气方式	增压中冷
排放标准	国 V
质量	2135kg
驱动方式	电机+发动机
后处理方式	三元催化
总行驶里程	19543km

2.2 测试路线

根据 HJ 857-2017《重型柴油车、气体燃料车排气污染物车载测量方法及技术要求》标准^[6]和 GB19755—2016《轻型混合动力电动汽车污染物排放控制要求及测量方法》^[7]选取试验的测试路线, 测试过程中市区道路、市郊道路及高速道路的占比分别是 20%、25%和 55%。具体路线为: 从测试地点出发——大兴区李堡村——采育镇——王各庄——施园桥——京沈高速——青云店镇——回到起测试场所。



图 1 车辆测试线路图

3 试验设计

3.1 试验设备

采用美国 Sensors 公司生产的 Semtech-Ecostar 车载分析系统进行污染物的测量, 如图 2 所示。



图 2 车载排放测试设备 Semtech-Ecostar

Semtech-Ecostar 采用非分散性红外分析法(non-dispersive infrared, NDIR)测量排气污染物中的 CO 和 CO₂ 非分散性紫外光分析方法

(non-dispersive ultraviolet analyzer, NDUV)测量排气污染物中的 NO 和 NO₂, 加热型氢离子火焰分析方法(HFID)测量 THC。SEMTECH 对各气态污染物的测量范围及测量精度如表 1 所示。

表 1 SEMTECH 各气态污染物的测量精度

污染物	测量范围	分辨率	测量精度
CO ₂	0-20%	0.01%	±3%
CO	0-8%	10ppm	±50ppm 或±3%
	0-100ppm	0.1ppm	±5ppm 或±2%
THC	0-1000ppm	1ppm	±5ppm 或±2%
	0-10000ppm	1ppm	±25ppm 或±2%
NO	0-2500ppm	1ppm	±15ppm 或±3%
NO ₂	0-500ppm	1ppm	±10ppm 或±3%

PEMS 在使用前需经约 45 分钟的预热, 预热后采用纯 N₂ 进行标零, 使用标准气体进行准确性及精确性校准, 以保证仪器测量的准确性。SEMTECH-DS 流量计 EFM 可以保证响应时间为 1s, 还可以在排气流量较低时减少排气压力的波动, 确保数据记录的稳定性。流量计还自带清洗功能, 测量前后通过气体反吹可以对压力管进行清洗, 保证取样口和取样管的清洁。SEMTECH-DS 自带全球卫星定位系统 GPS, 可以记录车辆在行驶过程中的经纬度和速度等信息。测试现场如图 3 所示。



图3 PEMS 实际道路测试图

3.2 试验流程

开展试验前, 需要将测试车辆充满至 95%, 并将其放置六小时以上。在进行车辆电量消耗模式测试时, 正常启动车辆, 选择混合动力模式, 记录车辆从 95%电量消耗至 80%电量过程中的逐秒排放数据和从 80%电量消耗至 65%电量过程中的逐秒排放数据。在进行车辆电量维持模式测试时, 记录车辆从 51%电量消耗至保护模式 (15%电量) 的逐秒排放数据和从保护模式 (15%电量) 回电至 51%电量的逐秒排放数据。

4 试验结果对比分析

4.1 电量消耗模式下的排放结果对比分析

利用车载排放测试设备 PEMS 开展实际道路排放测试, 采集车辆在不同电量下行驶所排放的瞬时排放数据, 并对排气污染物 CO、HC 和 NO_x 的排放量进行对比分析。

由图 4 可以看出, 车辆开始从 95%电量冷启动时, 由于温度低, 为了确保车辆正常启动, 发动机需要快速喷油和及时升温, 使得汽油燃烧不充分且温度过高, 导致排气污染物瞬时出现峰值。

计算 CO、HC 和 NO_x 排放因子及百公里油耗并进行对比分析。

由表 2 可以看出, 车辆从 95%电量降至 80%电量时, CO 排放因子为 0.8591 g/km, HC 排放因子为 0.1041 g/km, NO_x 排放因子为 0.0330 g/km, 百公里油耗为 2.9586 L/100km; 车辆从 80%电量降至 65%电量时, CO 排放因子为 0.1768 g/km, HC 排放因子为 0.0019 g/km, NO_x 排放因子为 0.0211 g/km, 百公里油耗为 2.1073 L/100km。

车辆从 95%电量耗至 80%电量过程中 CO 排放因子、HC 排放因子和百公里油耗分别是车辆从 80%电量耗至 65%电量过程中的 4.86 倍、9.56 倍和 1.4 倍。分析原因是车辆从 80%电量耗至 65%电量过程

中, 由于蓄电池电量相对前者较少, 发动机做功较多, 汽油燃烧量多且燃烧相对充分, 使得 CO 和 HC 排放因子及百公里油耗相对较低。车辆 95%电量耗至 80%电量过程中, 由于电量相对充足, 发动机做功少, 汽油燃烧量少, 响应慢, 导致 NO_x 排放因子较高。

对比车辆两种电量状态下的排放发现, 当电量处于中间点 (50%左右) 时, 车辆既能减少气态污染物的排放, 又能减少油耗, 是车辆相对环保的一个行驶状态。

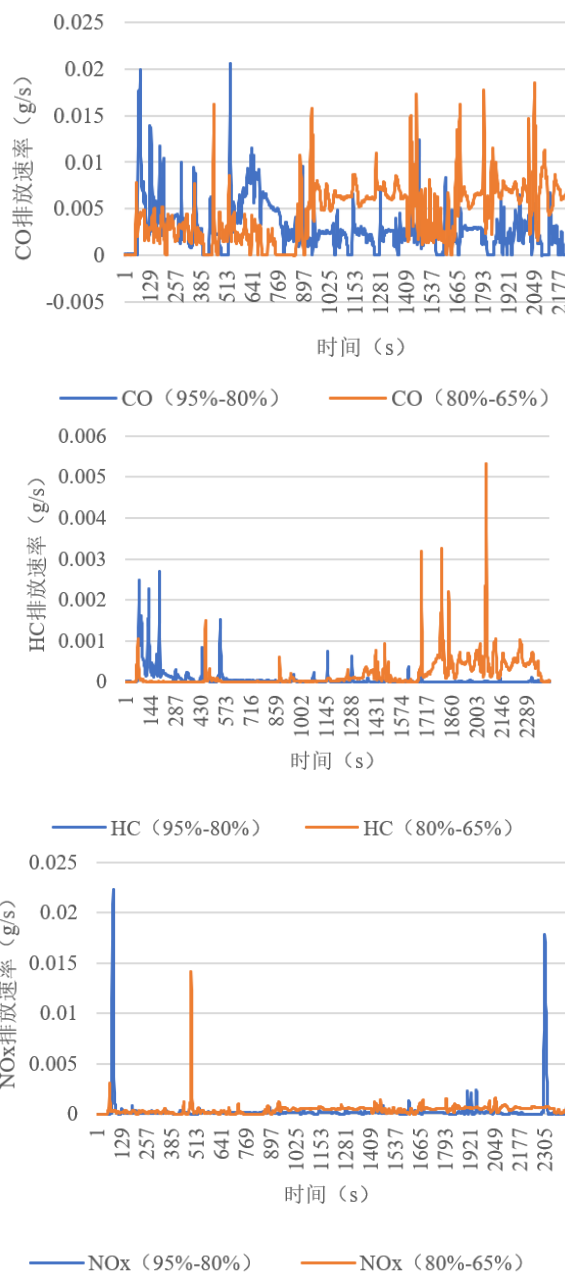


图4 排气污染物排放量对比图

表 2 排气污染物排放因子及百公里油耗对比表

车辆状态	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	油耗 (L/100km)
95%-80%	0.8591	0.1041	0.0330	2.9586
80%-65%	0.1768	0.0109	0.0211	2.1073

4.2 电量消耗模式与充电模式下的排放结果对比分析

利用车载排放测试设备 PEMS 开展实际道路排放测试, 采集车辆在电量消耗模式与充电模式下的逐秒排放数据, 并对排气污染物 CO、HC 和 NOx 的排放量进行对比分析。

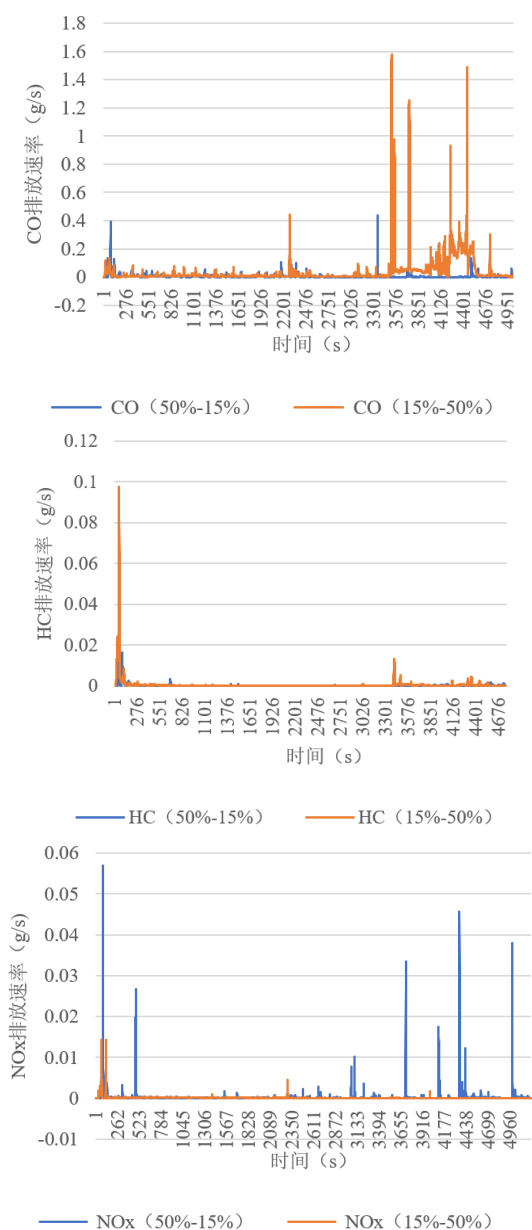


图 5 排气污染物排放量对比图

由图 5 可以看出, 在回电过程中由于发动机全程做功使得汽油不完全燃烧导致 CO 排放量较高。由于车辆从最低电量开始充电运行, 发动机初始做功时, 汽油没有很好的与空气混合导致 HC 排放出现瞬时峰值, 排放量增加。车辆在消耗电量模式下运行时, 由于电量充足, 蓄电池起到主导作用, 发动机响应的就相对较长, 导致耗电时 NOx 排放易出现瞬时峰值, 排放量增加。

计算 CO、HC 和 NOx 排放因子及百公里油耗并进行对比分析。

表 3 排气污染物排放因子及油耗对比表

车辆状态	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	油耗 (L/100km)
耗电模式 50%-15%	0.8067	0.0182	0.0427	6.8030
充电模式 15%-50%	1.4400	0.0879	0.0244	9.8574

由表 3 可以看出, 车辆从 50%电量降至保护模式 (15%电量) 时, CO 排放因子为 0.8067 g/km, HC 排放因子为 0.0182 g/km, NOx 排放因子为 0.0427 g/km, 百公里油耗为 6.8030 L/100km; 车辆从保护模式 (15%电量) 充电至 50%电量时, CO 排放因子为 1.4400g/km, HC 排放因子为 0.0879 g/km, NOx 排放因子为 0.0244 g/km, 百公里油耗为 9.8574 L/100km。

充电模式下 CO 排放因子、HC 排放因子和百公里油耗分别是电量消耗模式下的 1.79 倍、4.83 倍和 1.45 倍, 分析原因是由于车辆电量已经消耗至最低值, 车辆正常行驶就需要发动机提供动力输出, 发动机给车辆提供动力的同时还需要给蓄电池充电, 由于做功较多, 使得汽油与空气没有得到充分混合燃烧, 导致 CO、HC 排放因子和百公里油耗偏高。电量消耗模式下 NOx 排放因子是充电模式下的 1.75 倍, 分析原因是车辆在运行初始阶段和电量快要降到最低的时候, 为了确保车辆及时启动和车辆蓄电池的寿命, 发动机需要快速响应工作, 气缸内燃气温度急速升高, 导致 NOx 排放增加。

5 结论

1) 车辆运行在电量消耗模式下时, 相对于别的电量状态, 电量处于 80%-65%时排放的气态污染物

和产生的百公里油耗低, 车辆在此电量区间行驶时可以较好的减少碳排放和百公里油耗, 具有很好的排放特性和燃油经济性。

2) 电量消耗模式与充电模式相比, 当车辆处于充电状态时, 发动机在给车辆提供动力的同时还需要做功给蓄电池充电, 此时的发动机将处于一个较高的负荷状态, 从而导致气态污染物排放量大幅度增加。

参考文献

- [1] 聂彦鑫, 张永生, 康征, 等. 插电式混合动力汽车工况能耗及排放特性研究[J]. 汽车技术, 2013(10):6.
- [2] JohnsonTV .ReviewofVehicular Emissions Trends[J]. SAE International Journal of Engines, 2015, 8(3).
- [3] 葛蕴珊, 王爱娟, 王猛, 等. PEMS 用于城市车辆实际道路气体排放测试[J]. 汽车安全与节能学报, 2010, 1(2): 141-145.
- [4] 葛蕴珊, 丁焰, 尹航. 机动车实际行驶排放测试系统研究现状[J]. 汽车安全与节能学报, 2017, 8(2): 111-121.
- [5] 杨正军, 付秉正, 尹航, 等. 轻型柴油车实际行驶排放特性的研究. 汽车工程, 2017, 39(5): 497-502.
- [6] 环境保护部. HJ 857-2017 重型柴油车、气体燃料车排气污染物车载测量方法及技术要求[S]. 2017-10-1.
- [7] 环境保护部. GB19755—2016 轻型混合动力电动汽车污染物排放控制要求及测量方法[S]. 2016-8-22.

收稿日期: 2021 年 4 月 3 日

出刊日期: 2022 年 5 月 6 日

引用本文: 高洁, 肖宇, 李长宇, 董庆奇, 杨锦天, 王俊, 插电式混合动力汽车实际道路行驶的排放与能耗对比分析[J]. 资源与环境科学进展, 2022, 1(1):16-20
DOI: 10.12208/j.aes. 20220004

检索信息: 中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS