

# 中国轻型车测试工况分析及对油耗的影响

庾大江, 徐划龙, 胡君, 宫宝利

中国汽车工程研究院股份有限公司, 重庆

收稿日期: 2023年5月12日; 录用日期: 2023年6月14日; 发布日期: 2023年6月26日

## 摘要

为了揭示中国轻型车各测试工况的特征, 本文研究了NEDC, WLTC, CLTC-P和CLTC-C四种测试工况的差异及对油耗的影响。研究表明: NEDC对巡航工况考察权重较大, 驾驶激烈程度最低; WLTC侧重对高速工况的加、减速工况的考察, 驾驶最为激烈; CLTC-P和CLTC-C对怠速、匀速及加、减速工况的考察相对均衡, 驾驶激烈程度介于NEDC和WLTC之间, 且CLTC-P略大于CLTC-C工况。对于轻型汽油车, NEDC切换到WLTC后油耗平均恶化12%左右, 切换到CLTC-P和CLTC-C后油耗平均分别恶化14%和10%左右。对于轻型柴油车, NEDC切换为WLTC工况后油耗平均恶化10%左右, 切换到CLTC后油耗变化不明显。

## 关键词

轻型车, 测试工况, NEDC, WLTC, CLTC-P, CLTC-C

# Study on the Difference of Test Cycles and Its Influence on Fuel Consumption of Chinese Light-Duty Vehicle

Dajiang Tuo, Hualong Xu, Jun Hu, Baoli Gong

China Automotive Engineering Research Institute Co., Ltd., Chongqing

Received: May 12<sup>th</sup>, 2023; accepted: Jun. 14<sup>th</sup>, 2023; published: Jun. 26<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

The differences of NEDC, WLTC, CLTC-P and CLTC-C driving cycles and their influences on fuel consumption were studied, which to reveal the characteristics of different driving cycles of Chinese light-duty vehicles. The results show that NEDC has a large weight on cruising mode and the driving intensity is the lowest. WLTC focuses on acceleration and deceleration at high speed, and

driving is the most intense. CLTC-p and CLTC-C are relatively balanced in idle speed, uniform speed, acceleration and deceleration conditions, and the driving intensity is between NEDC and WLTC, however, CLTC-P was greater than that of CLTC-C. For light-duty gasoline vehicles, fuel consumption deteriorates by about 12% on average after switching from NEDC to WLTC, 14% and 10% on average after switching to CLTC-P and CLTC-C, respectively. For light-duty diesel vehicles, fuel consumption deteriorates by about 10% on average after NEDC switches to WLTC mode, while fuel consumption does not change significantly after switching to CLTC.

## Keywords

Light-Duty Vehicle, Test Cycles, NEDC, WLTC, CLTC-P, CLTC-C

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

汽车的测工况是汽车行业一项重要的共性基础技术，是车辆油耗/排放测试方法和限值标准的基础。2021 年以前我国轻型车一直采用 NEDC (New European Driving Cycle)测试工况对汽车产品油耗和排放进行认证，为汽车产品评价和节能技术的发展做出了重要贡献[1] [2] [3]。

近年来，随着汽车保有量的快速增长，我国道路交通状况发生很大变化，发现以 NEDC 工况为基准评价的汽车实际油耗和排放与认证结果偏差较大。另外，现有的 NEDC 工况不适于评价电动空调、制动能量回收和怠速启停等新技术的节能效果[4] [5] [6] [7]。因此 2016 发布的 GB 18352.6-2016《轻型汽车污染物排放限值及测量方法》，规定循环测试工况采用 WLTC (World Wide Light-duty Test Cycle)循环，于 2021 年 7 月 1 日起开始全面执行[8]。

但研究显示[9] [10]，轻型车 WLTC 工况的工况特征与我国实际道路工况的差异也比较大，因此，2019 年 10 月国家市场监督管理总局和中国国家标准化委员会联合发布了 CATC (China Automotive Test Cycle, 中国汽车测试工况)，其包括 GB/T 38146.1-2019《中国汽车测试工况第一部分轻型汽车》和 GB/T 38146.2-2019《中国汽车测试工况第二部分重型商用车》，该工况预计将成为今后国内汽车的测试基准。2025 年之前，轻型汽车中的汽柴油车、混合动力汽车、替代燃料汽车将采用 WLTC 测试工况，2025 年之后，所有车型都将采用 CATC 标准工况。

简言之，目前中国汽车市场正处 NEDC 工况逐步退出，WLTC 工况和 CATC 工况逐步介入的新旧交替阶段，因此揭示各类车型不同测试工况的特点及影响对汽车行业的发展具有重要意义，本文将分别对轻型车不同测试工况(NEDC、WLTC 和 CLTC)进行对比分析及对车辆油耗的影响。

## 2. 工况参数定义

怠速工况：车辆在行驶过程中，加速度  $a$  的绝对值小于  $0.15 \text{ m/s}^2$ ，且车辆的行驶速度  $v$  小于  $0.5 \text{ km/h}$  的工况。

匀速(巡航)工况：车辆在行驶过程中，加速度  $a$  的绝对值小于  $0.15 \text{ m/s}^2$ ，且车辆的行驶速度  $v$  大于或等于  $0.5 \text{ km/h}$  的工况，即巡航工况。

加速工况：车辆在行驶过程中，加速度  $a$  大于或等于  $0.15 \text{ m/s}^2$  的工况。

减速工况：车辆在行驶过程中，加速度  $a$  小于或等于  $-0.15 \text{ m/s}^2$  的工况。

循环平均速度：车辆在整个测试工况中运行里程除以总的运行时间的平均速度。

运行平均速度：车辆在整个测试工况中运行里程除以扣除怠速工况后运行时间的平均速度。

### 3. 轻型车测试工况分析

如图 1 所示为轻型车测试工况曲线的对比：其中 NEDC 共 1180 s，包含一部和二部，一部为城市工况，包含四个相同的市区工况，二部为市郊及高速工况；WLTC 共 1800 s 包含市区、市郊、高速及超高速工况；CLTC-P 和 CLTC-C 总运行时长也是 1800 s，包含市区、市郊和高速工况。上述四个工况较为详细特征参数对比见表 1 所示。

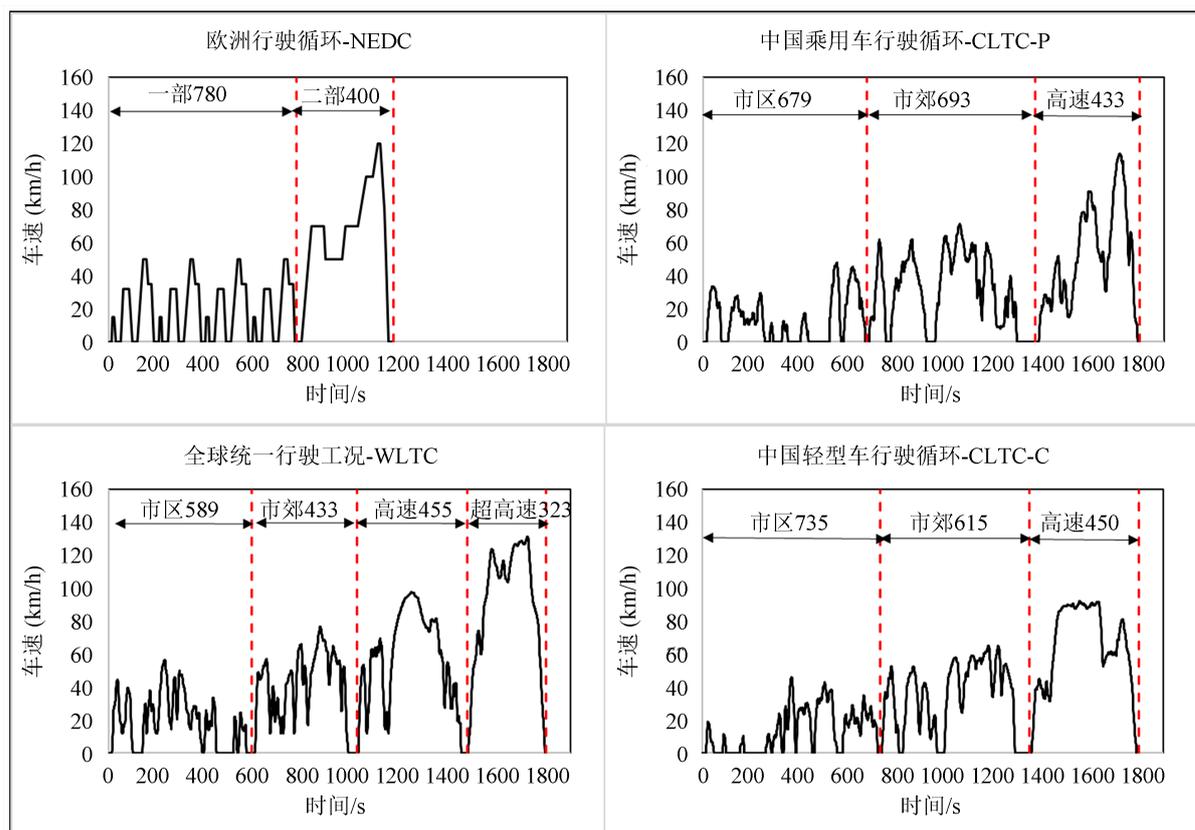


Figure 1. Light vehicle test condition curve

图 1. 轻型车测试工况曲线

Table 1. The overall comparison of the main characteristic parameters of the four test conditions of light vehicles

表 1. 轻型车四种测试工况主要特征参数总体对比

测试工况	NEDC	WLTC	CLTC-P	CLTC-C
里程/km	11	110.9	31.3	49.3
循环时间/s	1180.0	1800.0	1800.0	1800.0
最高车速/(km/h)	120	131.3	114.0	92.4
循环平均车速/(km/h)	33.6	46.4	28.9	32.8
运行平均车速/(km/h)	50.8	69.0	39.7	53.7

Continued

里程占比	减速工况/%	15.7	28.0	32.7	22.9
	加速工况%	27.6	30.8	36.2	23.6
	巡航工况/%	56.7	41.2	31.1	53.4
时间占比	减速工况/%	23.2	30.6	28.8	23.3
	加速工况%	16.6	28.9	26.4	23.7
	巡航工况/%	37.5	27.8	22.7	32.6
	怠速工况/%	22.6	12.7	22.2	20.4
加速段平均加速度/(m/s <sup>2</sup> )		0.54	0.54	0.45	0.47
最大正向加速度/(m/s <sup>2</sup> )		1	1.5	1.4	1.1
减速段平均减速度/(m/s <sup>2</sup> )		-0.8	-0.6	-0.5	-0.5
最大减速度/(m/s <sup>2</sup> )		-1.4	-1.5	-1.5	-1.4
启停次数/次		13	8.0	11.0	13.0
加速次数/次		14	45.0	48.0	39.0

### 3.1. 轻型车测试工况的工况占比

表 1 展示了 NEDC、WLTC、CLTC-P 和 CLTC-C 四种测试工况的在加速、减速、巡航以及怠速工况下的里程和时间占比。就各工况的里程占比看，NEDC 和 CLTC-C 的巡航工况占比最高，减速工况占比最低。WLTC 的加速与减速工况占比都在 30% 左右，巡航工况占比略高，为 41%。CLTC-P 工况的里程占比更为均匀，加速、减速与匀速工况占比在 1/3 左右，加速里程略多。NEDC 和 CLTC-C 测试工况时间占比最大的是巡航工况，而 WLTC 和 CLTC-P 则是加速工况；NEDC 测试工况时间占比最小的工况是减速工况、而其余三种工况都是怠速工况。

可以得出，NEDC 和 CLTC-C 更偏重对怠速和巡航工况考察，WLTC 对加、减速工况的测试更加侧重，而 CLTC-P 对各种运行工况的考察相对更加均衡。

### 3.2. 轻型车测试工况的车速分布及占比分析

如表 1 所示，CLTC-P、NEDC 和 CLTC-C 的最高车速、循环平均车速和运行平均车速都分别低于 WLTC，其中 CLTC-P 的循环平均车速和运行平均车速最小，CLTC-C 的最高车速最小。

从图 2 的各工况速度概率密度分布看，各工况的速度概率基本都呈现随车速的增大而减小趋势，NEDC、CLTC-P 和 CLTC-C 的车速概率峰值都出现在 0 km 附近，其中 CLTC-P 随车速单调下降，NEDC 和 CLTC-C 分别在 35 km/h 和 90 km/h 附近出现了明显的第二峰值。而 WLTC 的速度概率分布峰值出现在 22 km/h 附近，且在 50 km/h 附近出现了第二个峰值。

另外从速度概率累积分析看出，WLTC 低速概率累积最慢、高速累积最快，而 CLTC-P 刚好相反，NEDC 与 CLTC-C 介于其中且累积曲线近似，NEDC、WLTC、CLTC-P 与 CLTC-C 四种工况车速概率累积到 90% 对应的速度分别为 77 km/h、103 km/h 和 65 km/h 与 79 km/h。说明了 NEDC、CLTC-P 与 CLTC-C 循环工况更侧重于对中低速区域的考核，WLTC 测试工况的考核更偏中高速段。

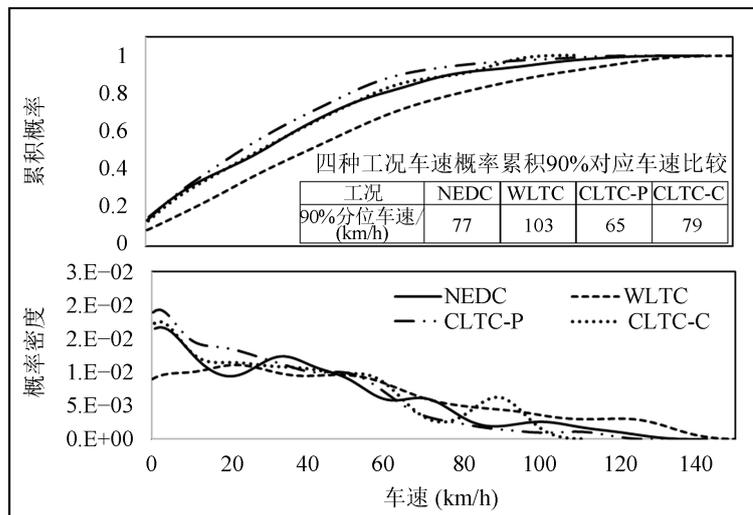


Figure 2. The speed distribution and cumulative curves of the four test conditions  
图 2. 四种测试工况车速分布及累积曲线

### 3.3. 轻型车测试工况加速度对比分析

如图 3 所示，NEDC 和 WLTC 在加速阶段的平均加速度相对较大，CLTC-P 和 CLTC-C 的平均加速度较小；而最大加速度和最大减速度却呈现出 WLTC 最大、CLTC-P 次之，NEDC 和 CLTC-C 相对较小的趋势。但从加速次数看(见表 1)，CLTC-P 最多(49 次)、WLTC 和 CLTC-C 次之，NEDC 最少(14 次)。

图 4 为四种测试工况的加速度分布曲线，NEDC 的加速度在 0 附近的峰值最高且呈多峰分布，说明 NEDC 工况怠速和巡航时间占比大且运行速度分布不均；而 WLTC、CLTC-P 与 CLTC-C 的加速度分布基本呈正态分布，且都在 0 附近出现峰值，按峰值和集中程度来看，CLTC-C 最集中且峰值最高，其次是 CLTC-P，而 WLTC 的分布最广、峰值最低，另外 WLTC、CLTC-P 与 CLTC-C 的 3σ 覆盖的范围分别为 3.0、2.6、和 2.6，说明 WLTC 加速度分布更大。因此，从加、减速工况的分析看，WLTC 的瞬态变化程度最高、CLTC-P 和 CLTC-C 次之，NEDC 最小，但 WLTC 和 CLTC-P 对瞬态工况各有侧重，CLTC-P 和 CLTC-C 更侧重于中低速工况的加速和加速次数，而 WLTC 更侧重高速工况的加速和加速的激烈程度。

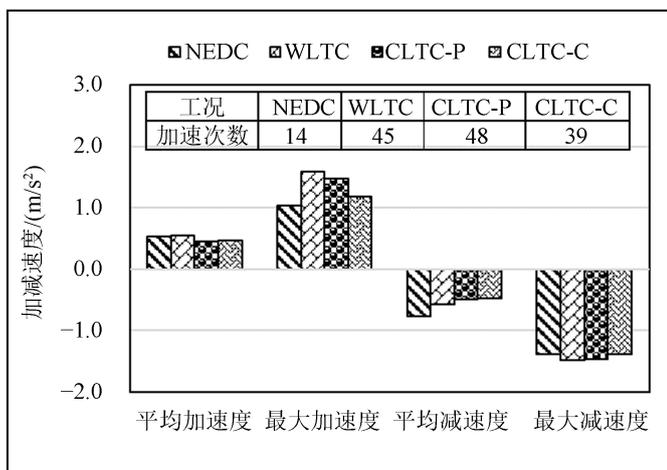


Figure 3. Acceleration/deceleration comparison of four test conditions  
图 3. 四种测试工况的加/减速对比

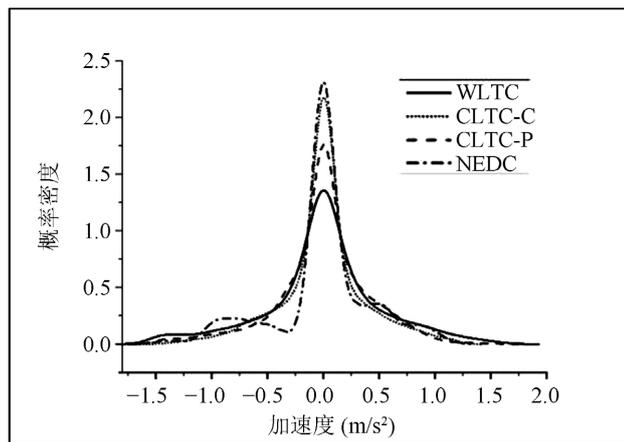


Figure 4. Acceleration probability density distribution of four working conditions

图 4. 四种工况的加速度概率密度分布

### 3.4. 轻型车测试工况 v\*a 特征参数分析

借鉴 GB 18352 中对 RDE 测试工况的评价指标, 选择  $v*a$  特征参数(表示车辆行驶的车速与加速度的乘积)的 95%分位( $v*a_{95}$ )表征测试工况的驾驶激烈程度。由图 5 可以看出, WLTC 的  $v*a_{95}$  最高, CLTC-P 次之, CLTC-C 和 NEDC 相当且处于较低水平, 说明 WLTC 最为激烈, CLTC-P 次之, CLTC-C 和 NEDC 相对更加柔和。

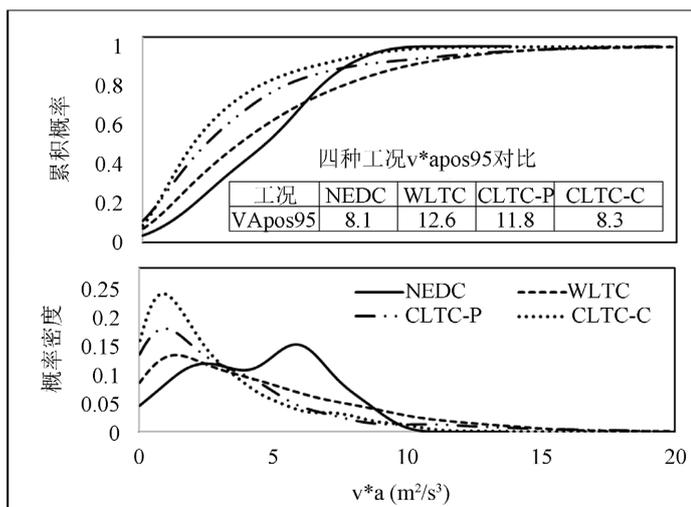


Figure 5.  $v*a$  distribution and  $v*a$  accumulation comparison of four working conditions

图 5. 四种工况的  $v*a$  分布及  $v*a$  累积对比

为了进一步说明测试工况对车辆油耗的影响, 分别统计 87 辆乘用车在 NEDC、WLTC 和 CLTC-P 及 44 辆轻型商用车在 NEDC、WLTC 和 CLTC-C 三种测试工况下循环油耗的差异, 且以 NEDC 测试工况为基础, 分析了其他两种工况的油耗增幅, 分别见图 6 和图 7。

对于乘用车, NEDC 工况切换到 WLTC 工况后油耗平均恶化 12%左右, NEDC 工况切换到 CLTC-P 后油耗平均恶化 14%左右且工况切换后油耗变化量随车辆质量的变化无明显规律。而对于轻型商用车,

NEDC 切换到 WLTC 后油耗平均恶化 13%左右，而 NEDC 切换到 CLTC-C 后油耗平均恶化 10%左右，且工况切换后油耗变化量随车辆质量的变化也无明显规律。

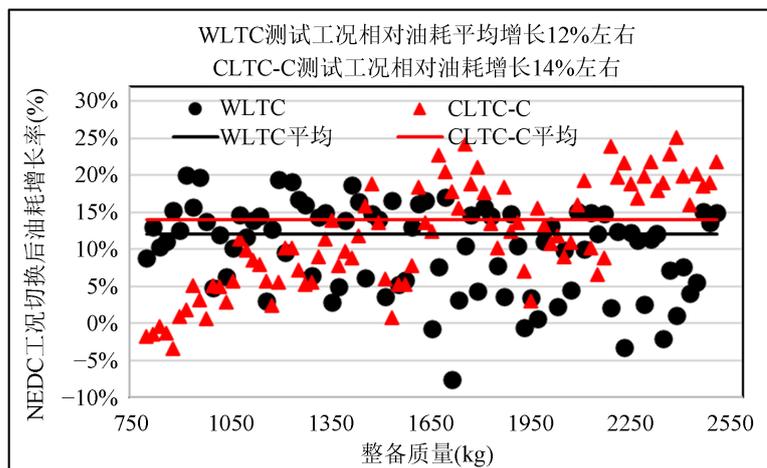


Figure 6. The increase in fuel consumption after switching from NEDC to WLTC and CLTC-P for passenger cars

图 6. 乘用车 NEDC 切为 WLTC 和 CLTC-P 后油耗增加情况

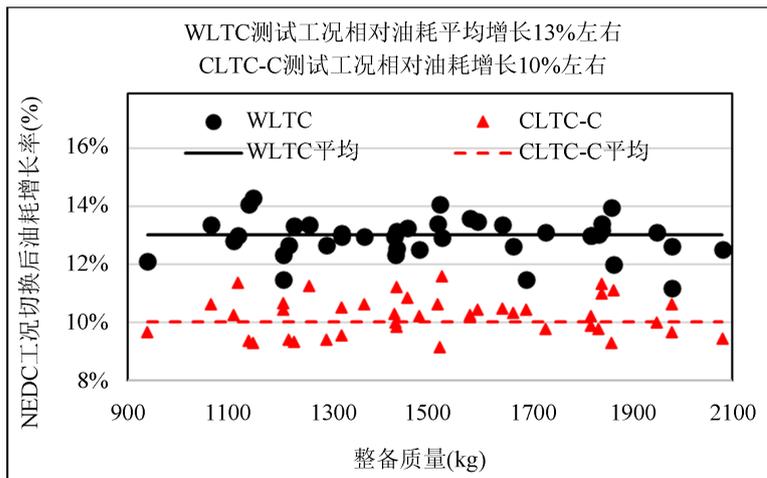


Figure 7. The increase in fuel consumption of light commercial vehicles after switching from NEDC to WLTC and CLTC-C

图 7. 轻型商用车 NEDC 切为 WLTC 和 CLTC-C 后油耗增加情况

#### 4. 结论

通过对轻型车四种测试测试工况，NEDC、WLTC、CLTC-P 及 CLTC-C，的对比分析，得到如下结论：

- 1) NEDC 对巡航工况考察权重更大，瞬态程度最小，驾驶激烈程度最低；
- 2) WLTC 侧重对加、减速工况的考察，怠速比例最小，瞬态程度最高且偏向高速工况，驾驶最为激烈；
- 3) CLTC-P 和 CLTC-C 对加速、减速、巡航及怠速工况的考察相对均衡，瞬态工况主要在中低速区间，瞬态程度、速度波动及驾驶激烈程度介于 NEDC 和 WLTC 之间，但 CLTC-P 的瞬态程度和驾驶激烈

程度大于 CLTC-C。

4) 对于轻型汽油车, NEDC 切换到 WLTC 后油耗平均恶化 12%左右, 切换到 CLTC-P 和 CLTC-C 后油耗平均分别恶化 14%和 10%左右; 对于轻型柴油车 NEDC 切换为 WLTC 工况后油耗平均恶化 10%左右, 切换到 CLTC 后油耗恶化不明显。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国工业和信息化部. GB/T 19233-2020 轻型汽车燃料消耗量试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社.
- [2] 中华人民共和国工业和信息化部. GB/T 19753-2021 轻型混合动力汽车能量消耗量试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社.
- [3] 中华人民共和国工业和信息化部. GB 19578-2021 乘用车燃料消耗量限值[S]. 北京: 中国标准出版社.
- [4] 宋子钰, 陶云飞, 张晖, 等. CHTC 与 C-WTVC 工况油耗和排放的试验研究[J]. 汽车技术, 2020, 6(1): 51-57.
- [5] 郭千里, 赵冬昶, 陈平, 等. WLTC 与 NEDC 比较及对汽车油耗的影响浅析[J]. 汽车工程学报, 2017, 7(3): 196-204.
- [6] 刘欣, 程瑞涛, 马相明. WLTC 与 NEDC 循环油耗差异性研究[C]//中国汽车工程学会. 中国汽车工程学会年会论文集, 2019: 1533-1538.
- [7] 靖春胜, 张铁臣, 于镒隆, 等. 基于 NEDC 和 WLTC 工况循环的混合动力汽车排放特性研究[J]. 河北工业大学学报, 2021, 50(4): 51-56.
- [8] 环境保护部. GB 18352.6-2016 轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段) [S]. 北京: 中国环境出版社.
- [9] 中华人民共和国工业和信息化部. GB/T 38146.1-2019 中国汽车测试工况第一部分轻型汽车[S]. 北京: 中国标准出版社.
- [10] 中华人民共和国工业和信息化部. GB/T 38146.2-2019 中国汽车测试工况第二部分重型商用车辆[S]. 北京: 中国标准出版社.