

《中国汽车行驶工况》国家标准 第1部分：轻型汽车 征求意见稿 编制说明

1. 工作简况

1.1. 背景

进入 21 世纪，我国汽车工业实现了井喷式发展。自 2009 年开始，我国汽车产销量已经连续八年保持世界第一。保持汽车产业健康、持续发展，从汽车大国到汽车强国，成为汽车人乃至全社会的梦想。2016 年中国原油对外依存度升至 65.5%，其中汽车耗油约占整个石油消费量的 1/3 以上，预计到 2020 年这个比例将上升到 57%。节约化石能源、降低汽车尾气排放，是汽车行业必须面对和解决的问题。

汽车产品检测工况是汽车行业的一项重要共性基础技术，是车辆能耗/排放测试方法和限值标准的基础。本世纪初，我国直接采用欧洲的 NEDC 行驶工况对汽车产品能耗/排放进行认证，有效促进了汽车节能减排技术的发展。

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，政府、企业和民众日渐发现以 NEDC 工况为基准所优化标定的汽车，实际油耗与法规认证结果偏差越来越大，影响了政府的公信力。另外，现有的 NEDC 工况不适用于评价电动空调、制动能量回收和怠速启停等新技术的节能效果。

欧洲在多年的实践中也发现 NEDC 工况的诸多不足，转而采用世界轻型车测试循环 (WLTC)，但该工况的怠速比例和平均速度这两个最主要的工况特征与我国实际工况的差异更大。作为车辆开发、评价的最为基础的依据，开展深入研究，制定反映我国实际道路行驶状况的测试工况，显得越来越重要，行业呼吁开发中国工况。

1.2. 前期研究及任务来源

马凯副总理高度重视新能源汽车工况研究与开发，2014 年 9 月和 2015 年 5 月，两次指示要求加快我国电动汽车典型工况标准制定。

《汽车产业中长期发展规划》规定到 2020 年，新车平均燃料消耗量乘用车降到 5.0 升/百公里，到 2025 年，新车平均燃料消耗量乘用车降到 4.0 升/百公里，新能源汽车能耗处于国际领先水平。

《节能与新能源汽车技术路线图》规定要加强我国汽车产业基础技术研究，包括：标准、数据库、检测检验等方面。

遵照中央领导的指示要求，在财政部 9240 万经费支持下，工业及信息化部于 2015 年委托中国汽车技术研究中心牵头组织行业开展“中国新能源汽车产品检测工况研究和开发”（简称“中国工况”）项目，该项目的研究即为《中国汽车行驶工况》国家标准的前期研究工作，包括：1) 广泛深入地了解我国汽车实际行驶工况特征；2) 开发乘用车和各类商用车的全国标准行驶循环工况（CATC）等。

1.3. 工作过程

按照节能工作整体部署，《中国汽车行驶工况》（第 1 部分轻型汽车）标准制定工作于 2017 年正式启动，由中国汽车技术研究中心有限公司牵头组织国内外主要汽车生产企业、检测机构和高校共同开展。参与起草的单位如下：

表 1-1 参与起草企业名单（排名不分先后）

序号	企业名称
1	沃尔沃汽车销售（上海）有限公司
2	北京理工大学
3	天津大学
4	河北工业大学
5	上海汽车集团股份有限公司
6	江苏大学
7	比亚迪股份有限公司
8	山东交通学院
9	奇瑞汽车股份有限公司
10	安徽江淮汽车股份有限公司
11	武汉理工大学
12	中国汽车工程研究院股份有限公司
13	昆明理工大学
14	东风本田汽车有限公司
15	一汽-大众汽车有限公司
16	安徽华菱汽车有限公司
17	吉林大学
18	宝马（中国）汽车贸易有限公司
19	福州大学

20	福特汽车（中国）有限公司
21	襄阳达安汽车检测中心
22	长城汽车股份有限公司
23	北京汽车研究总院
24	东风汽车有限公司
25	江铃汽车股份有限公司
26	法拉利汽车国际贸易（上海）有限公司
27	北京汽车动力总成有限公司
28	广州汽车集团股份有限公司
29	浙江吉利汽车有限公司
30	大众汽车（中国）投资有限公司
31	东风日产乘用车公司
32	斯巴鲁汽车（中国）有限公司
33	戴姆勒大中华区投资有限公司
34	上汽通用五菱汽车股份有限公司
35	上汽大众汽车有限公司
36	丰田汽车（中国）投资有限公司
37	北京现代汽车有限公司
38	中国汽车技术研究中心有限公司

自标准制定工作启动以来，中国汽车技术研究中心有限公司组织召开了多次工作会议和技术交流，分析了欧美日等发达国家的汽车法规工况，讨论确定了中国汽车行驶工况的构成并提出了标准草案，最终完成了标准的征求意见稿。

表 1-2 主要技术会议及研究活动

时间	会议活动	主要工作
17年1月	准备会议	前期技术调查总结
17年1月	启动会	确定工作形式、工作内容及任务安排
17年2月	汽车工况标准讨论会	欧美日汽车工况标准讨论
17年3月	第一次会议	讨论曲线构成
17年5月		提出标准草案

17年5月	第二次会议	针对标准草案进行讨论，会后根据会议讨论内容进行完善
17年7月	标准征求意见稿讨论会	完成标准征求意见稿
17年8月		标准公开征求意见

2. 标准编制原则和主要技术内容

2.1. 标准编制原则

本标准是贯彻落实《汽车产业中长期发展规划》中提出的“到 2020 年，新车平均燃料消耗量乘用车降到 5.0 升/百公里，到 2025 年，新车平均燃料消耗量乘用车降到 4.0 升/百公里，新能源汽车能耗处于国际领先水平”目标的重要措施。标准制定过程中，充分借鉴国际、国内在工况开发方面的先进经验，通过试验规划确定数据采集城市，在我国典型城市建立数据采集车队，采集各车型的实际运行数据；收集低频交通量大数据，并计算不同速度区间的权重因子和同一速度区间不同城市的权重因子；对采集的数据进行短片段划分和筛选，计算短片段特征；通过数据分析确定工况体系构成；依据中国工况开发方法论构建中国工况曲线；通过试验对中国工况曲线的可操作性进行验证，并分析工况对油耗和排放的影响，确定最终的中国工况曲线。本标准规定了乘用车和轻型商用车行驶工况的构成。本标准适用于 M1 类、N1 类和最大设计总质量不超过 3500kg 的 M2 类车辆。

2.2. 标准主要技术内容

2.2.1. 工况开发技术路线

针对现有工况构建方法的不足，项目组借鉴国内外工况开发方面的经验，结合新技术，提出了基于收集三种不同类型数据的中国工况开发技术路线，主要包括以下步骤，如图 2-1 所示：

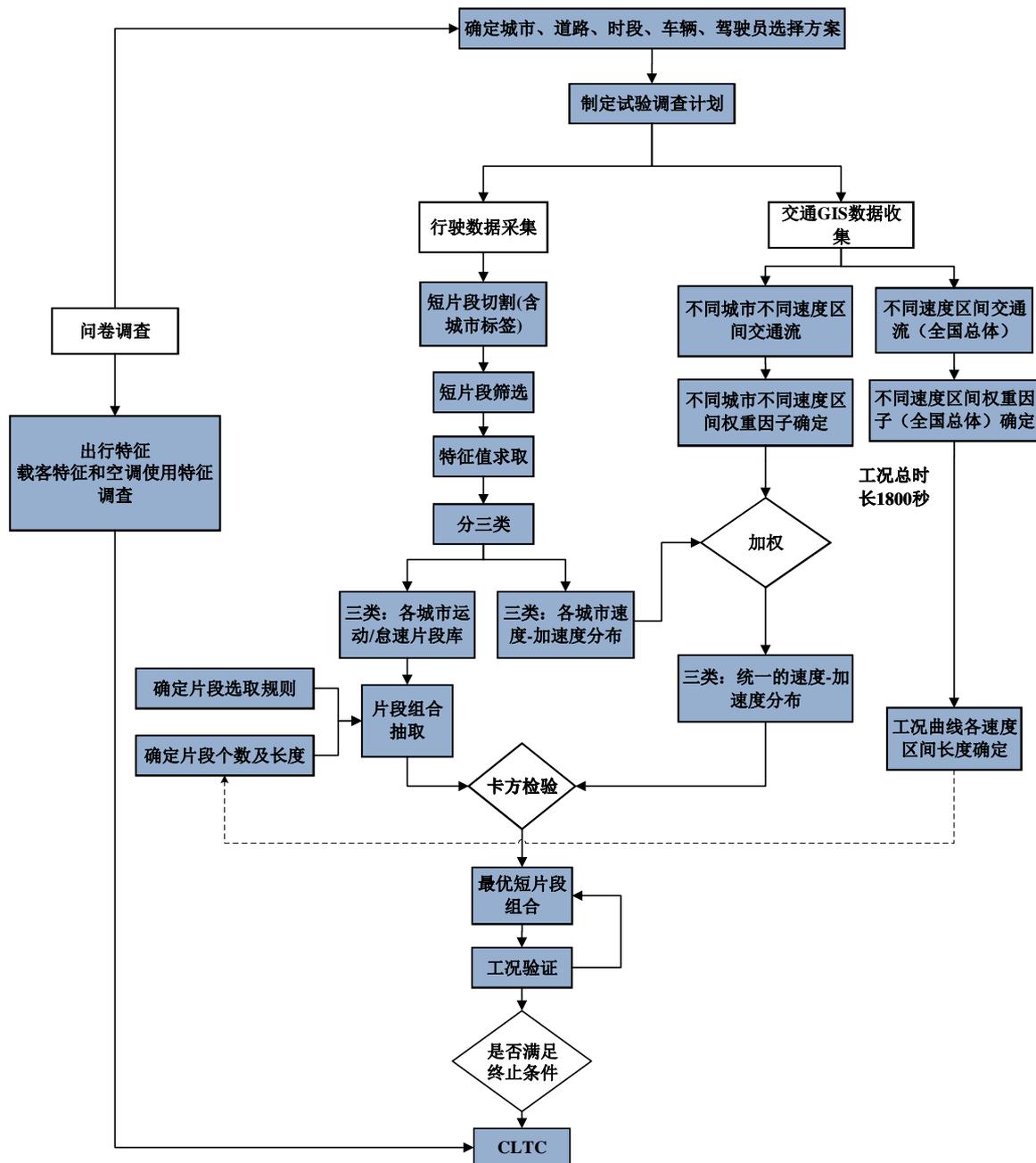


图 2-1 工况开发技术路线

1) 试验规划

在试验规划中，通过分析常驻人口、GDP、汽车保有量、道路面积（万平方米）、公共汽（电）车数量（辆）、车均道路面积（平方米/辆）等十个指标，结合新能源示范城市，完成典型城市的选择；通过问卷调查等方式确定了车辆和驾驶员的选择方案，并据此进行数据采集的工作。通过科学的试验规划，保证数据采集工作可以覆盖到各种典型的城市、道路、时段、车辆和驾驶员的类型。

2) 数据采集及预处理

利用自主行驶的方法在各典型城市采集车辆运行数据（采样频率为 1Hz）；为了保证数据的真实性，采集过程中不规划数据采集道路，让车辆自由行驶。通过超过一年的自主行驶，实际运行路线会覆盖市区、郊区、城间等行政区域内道路；以及各个上下班高峰、平峰等时段。

将车辆运行数据切分为怠速片段和运动片段以满足工况构建的需求；制定了包含运行时间、速度范围、加速度范围、最大怠速时长、均速比例和数据缺失率在内的两级筛选规则，并利用上述规则对短片段进行筛选；通过主成分分析和聚类分析将筛选后的短片段分为 3 个运动片段库和 3 个怠速片段库（分别对应低速区间、中速区间和高速区间）。获取上述 41 个城市的车辆实际道路交通量大数据（道路每五分钟的平均速度）。通过发放调查问卷、企业调研等方式获得车辆的出行特征、空调使用特征和载重特征。

3) 权重因子开发

建立速度-流量模型，计算各城市路网上所有行驶车辆的总行驶时间（VHT）；计算不同速度区间的权重以及同各速度区间不同城市的权重。

4) 统一的速度-加速度联立分布建立

计算各城市各速度区间的速度-加速度联立分布，利用权重因子矩阵进行加权，获取各个速度区间统一的速度-加速度联立分布。

5) 工况短片段组合确定

根据速度区间的权重和工况曲线的总时长确定各速度区间的时长；根据各速度区间的时长和对应速度区间运动片段及怠速片段的平均时长和时长分布确定各速度区间需要选择的运动片段数目和候选片段时长；利用卡方检验确定最优的片段组合作为中国工况曲线。

6) 工况验证

通过试验验证对所构建工况的可操作性进行验证，并基于现有的测试规程分析不同工况曲线对油耗和排放的影响，确定最终的中国工况曲线。

2.2.2. 数据采集

1) 车辆实际运行数据采集

项目组在 41 个代表性城市，建立了包含 3832 辆车的采集车队，覆盖传统乘用车、轻型商用车和新能源汽车，收集了约 3278 万公里的车辆运动特征、动力特征和环境特征数据。采集城市覆盖京津冀地区、东北地区、华东地区、华中地区、华南地区、长三角、珠三角、西南地区、西北地区等。除了一、二线城市的直辖市和省会城市外，对三四线城市也有很好的覆盖。采集道路覆盖市区、郊区、主干路、支路、快速路、次干路和高速等；采集时间覆盖春夏秋冬四季、工作日、节假日、高峰时段和平峰时段。综上，采集车队覆盖我国的主要城市和地区，同时覆盖了不同的道路类型和行驶条件，采集的车辆覆盖各种车辆类型。

2) 交通量大数据收集

在 GIS 数据收集方面，项目组获取了 41 个城市一年的全路网交通低频动态大数据，该数据为每 5 min 更新一次的道路平均速度，共有二十亿条，虽然这些车只是城市车辆的一部分，但是足够分散的样本和足够大的数量，使得其数据能够反映实时的交通状态和我国车辆运行的宏观分布。

3) 车载排放测试

在 PEMS 测试方面，项目组在 41 个城市共计进行了 81 辆车的实际道路排放测试，记录了采集频率为 1Hz 下，城市、城郊和高速工况下的气态污染物、颗粒物和 CO₂ 的排放数据。将获取的实际道路排放和油耗数据，与采用中国工况测试循环的实验室测试结果进行比较，用于工况验证中能耗和排放的技术分析。

2.2.3. 工况开发

项目组建立了多种用途的中国汽车实际行驶工况数据库，包括：原始数据库、统计分析数据库、工况构建数据库，通过数据分析，确定了中国轻型车工况体系。

轻型商用车的最大速度为 99km/h 远远小于乘用车的最大速度 130km/h；在平均速度方面，轻型商用车接近 33km/h，而乘用车只有 26.5km/h；在平均加速度方面，二者较为接近，并且随着速度区间的增大，平均加速度逐渐降低；在平均减速度方面，轻型商用车减速较为平缓；在相对正加速度方面，乘用车的相对正加速度大于轻型商用车，并且随着速度区间的增大，相对正加速度逐渐降低。乘用车和轻型商用车工况

特征差异显著，有必要为轻型商用车单独构建工况。另外，在行业内也开展中国轻型车工况体系构成的合理性调研，最终确定了轻型车工况（CLTC），包含轻型乘用车工况（CLTC-P）和轻型商用车工况（CLTC-C）。

1) 乘用车工况 CLTC-P

对采集到的乘用车运行数据进行短片段划分，并确定了初筛和精筛两级数据预处理规则，构建了统计分析数据库和工况构建用数据库。

新能源车与传统车共享道路资源，在速度、加速度、运动历程等方面有很强的相似性。图 2-2 给出了新能源汽车各项运行特征指标与传统车的比较。从中可以看出新能源车与传统车在运行平均速度、加速、减速、匀速和怠速比例等主要工况特征指标方面都比较接近。所以，本项目利用传统车和新能源车的运行数据共同构建乘用车工况。

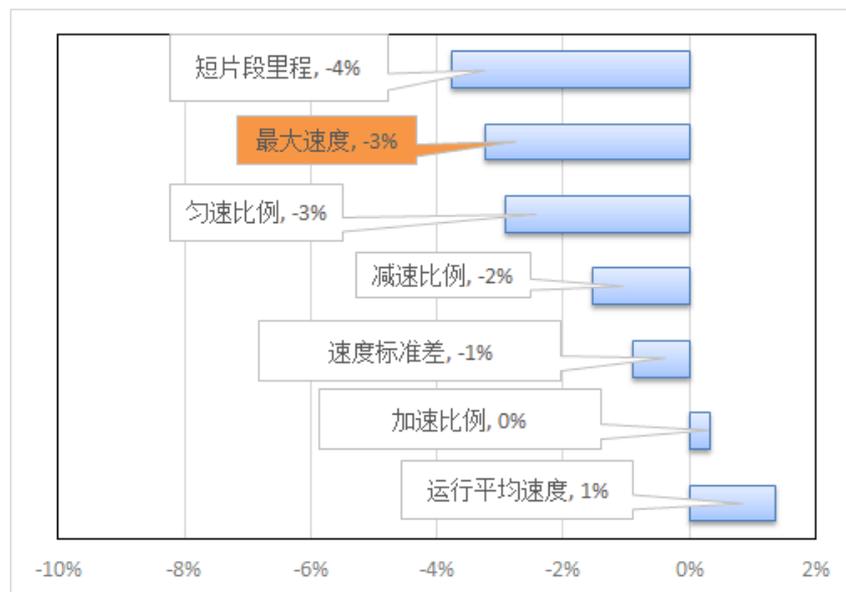


图 2-1 新能源汽车与传统车运行特征差异性比较

以怠速比例、平均速度和速度分布这三个主要的工况特征指标为例，对乘用车的工况特征进行简要介绍，具体如图 2-3 至图 2-5 所示。

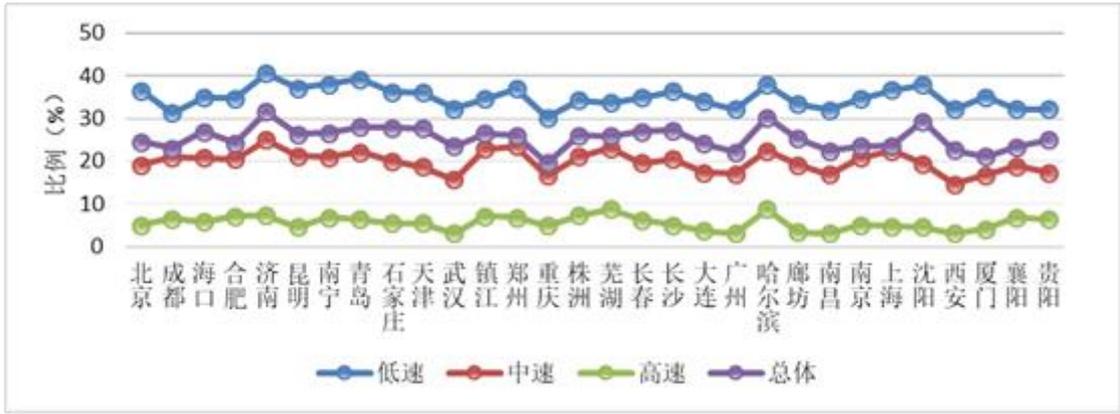


图 2-3 各城市急速比例

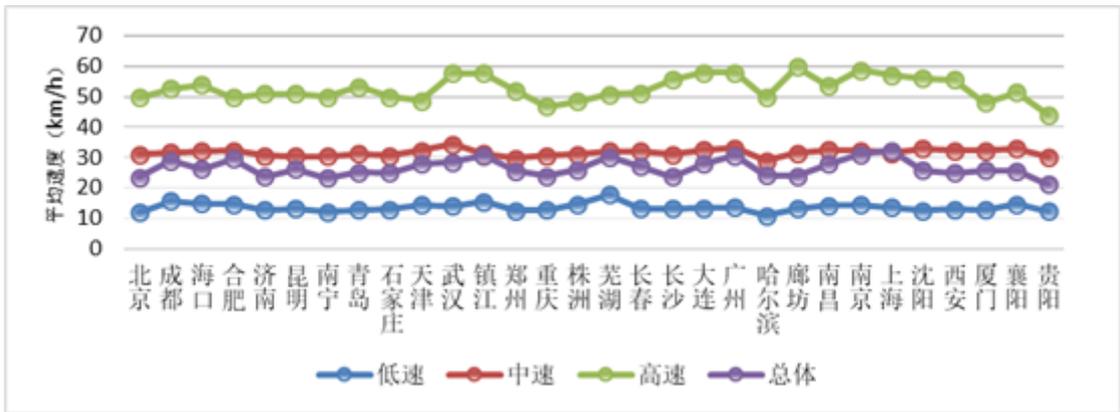


图 2-4 各城市平均速度

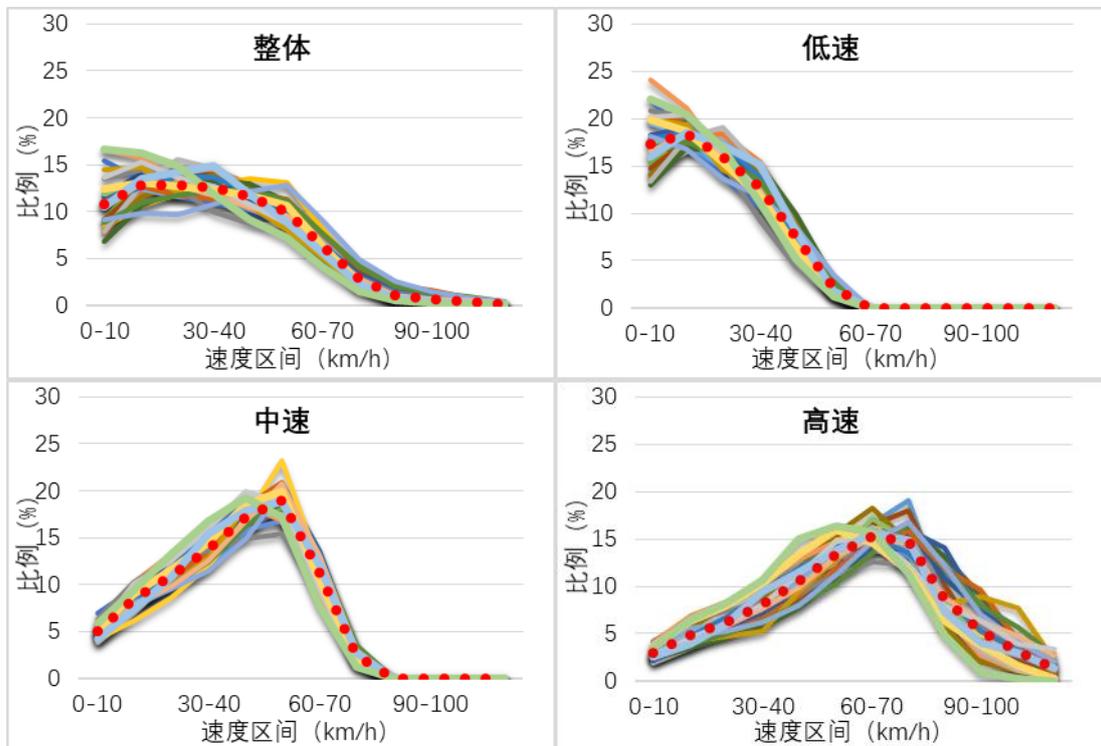


图 2-5 各城市速度分布

从中可以看出，我国乘用车的怠速比例平均值约为 25%（算数平均），基本在 20%-30%之间，平均速度约为 26.5km/h（算数平均），每个城市的速度分布各不相同，中国的车辆主要运行在低速和中速区间，大于 80 km/h 的比例非常低。由于不同城市/不同速度区间的工况特征有明显差异，有必要对不同城市、不同速度区间的工况特征进行加权。

参考 WLTC 方法，将车辆运行区间分为低、中、高和超高四段。基于获取的 GIS 交通量大数据，计算了各城市交通量和交通量比率，获得了我国车辆在低速、中速、高速和超高速的权重系数，具体如表 2-1 所示。

表 2-1 不同速度区间交通量比重（4 区间）

地区	交通量（车流）					交通量比率				
	低速区	中速区	高速区	超高速区	总计	低速区	中速区	高速区	超高速区	总计
北京	2.95E+09	2.44E+09	9.93E+08	9.06E+08	7.29E+09	40.5%	33.5%	13.6%	12.4%	100.0%
.....
全国	4.01E+10	3.32E+10	3.00E+10	9.00E+09	1.11E+11	35.7%	29.6%	26.7%	8.0%	100.0%

从中可以看出超高速仅占 8%，说明我国车辆在超高速区间运行的比重很小。考虑到后续工况构建的实际需求，我们又将交通量重新划分为三个速度区间，分别对应低速、中速和高速，结果如表 2-2 所示。

表 2-2 不同速度区间交通量比重（3 区间）

地区	交通量（车流）				交通量比率			
	低速区	中速区	高速区	总计	低速区	中速区	高速区	总计
北京	2.78E+09	2.93E+09	1.57E+09	7.29E+09	38.17%	40.23%	21.60%	100.00%
.....
全国	4.16E+10	4.28E+10	2.67E+10	1.11E+11	37.44%	38.50%	24.06%	100.00%

为了比较 CATC 采集数据的真实性、合理性和有效性，以平均车速这一主要交通特征为例，与网络交通大数据（滴滴出行、高德交通）和百度 GIS 交通量大数据（GIS）进行了对比。结果如图 2-6 所示，从中可以看出无论是在各城市的平均车速比较，还是在全国综合平均车速比较，CATC 与它们都较为接近且居中，反映中国实际。

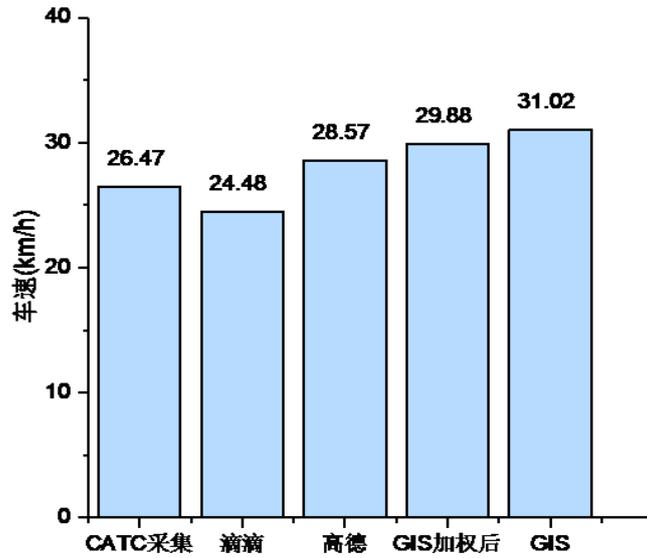


图 2-6 不同来源大数据平均速度比较

与 WLTC、WHDC 和 WMTC 工况类似，CLTC 工况的持续时间也设置为 1800 秒。1800s 的持续时间既能满足统计学的代表性，又具备在实验室内进行排放测试和油耗测试的可行性。工况中各速度区间时长由 1800 秒乘以各速度区间权重得到，其中低速区间时长为 674 秒，中速区间时长为 693 秒，高速区间时长为 433 秒。进一步地，基于各速度区间统一的速度加速度分布，利用卡方检验方法挑选出最优的片段组合，即为中国乘用车工况（CLTC-P），具体如图 2-7 所示。

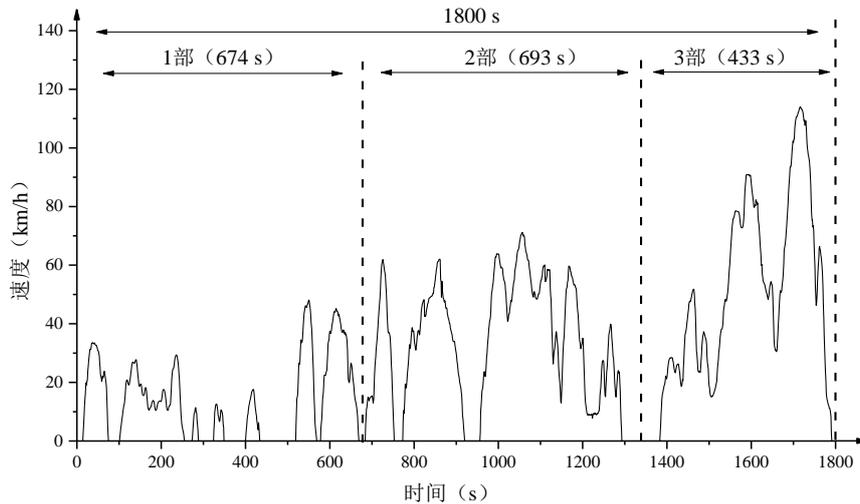


图 2-7 中国乘用车工况（CLTC-P）

CLTC-P 工况共包低速、中速和高速 3 个速度区间，工况时长共计 1800 秒，其中低速区间时间比例为 37.4%，中速区间时间比例为 38.5%，高速区间时间比例为 24.1%，平均车速为 29.0km/h，最大车速为 114.0km/h，怠速比例为 22.1%。

为了说明所构建工况的有效性，对比了 CLTC-P 工况与法规工况及车辆实际运行特征间的差异，结果如表 2-3 和表 2-4 所示。从中可以看出，在平均速度、平均正加速度、负加速度、加速度、减速、匀速和怠速比例分布等方面，CLTC-P 工况与实际采集数据 GIS 加权结果的吻合度最高，NEDC、FTP75 和 WLTC 工况与中国实际工况严重不符。

表 2-3 各法规工况与实际采集数据特征比较

参数	采集数据	GIS 加权后	NEDC	FTP75	WLTC	CLTC-P
平均速度(km/h)	26.47	29.88	33.60	33.90	46.40	28.96
运行平均速度(km/h)	35.47	36.35	43.50	40.90	53.20	37.18
平均加速度(m/s ²)	0.47	0.48	0.53	0.62	0.53	0.45
平均减速度(m/s ²)	-0.53	-0.53	-0.75	-0.71	-0.58	-0.49
加速比例(%)	26.64	29.14	23.20	31.10	30.90	28.61
减速比例(%)	24.58	26.4	16.60	27.10	28.60	26.44
匀速比例(%)	23.40	22.41	37.50	24.70	27.80	22.83
怠速比例(%)	25.38	22.05	22.60	17.20	12.70	22.11

表 2-4 典型法规工况与实际采集数据差异

参数	NEDC	FTP75	WLTC	CLTC-P
平均速度	12.46%	13.46%	55.30%	-3.08%
运行平均速度	19.67%	12.52%	46.36%	2.28%
平均加速度	13.63%	32.93%	13.63%	-6.25%
平均减速度	43.92%	36.24%	11.30%	-7.55%
加速比例	-16.00%	12.60%	11.87%	-1.82%
减速比例	-33.81%	8.06%	14.05%	0.15%
匀速比例	48.53%	-2.17%	10.11%	1.87%
怠速比例	2.48%	-22.01%	-42.41%	0.27%

2) 轻型商用车工况 CLTC-C

CLTC-C 工况共包含低速、中速和高速 3 个速度区间，工况时长共计 1800 秒，其中低速区间时间比例为 40.8%，中速区间时间比例为 34.2%，高速区间时间比例为 25.0%，平均车速为 32.9km/h，最大车速为 92.0km/h，怠速比例为 20.3%。CLTC-C 工况曲线和特征分别如图 2-8 和表 2-5 所示。

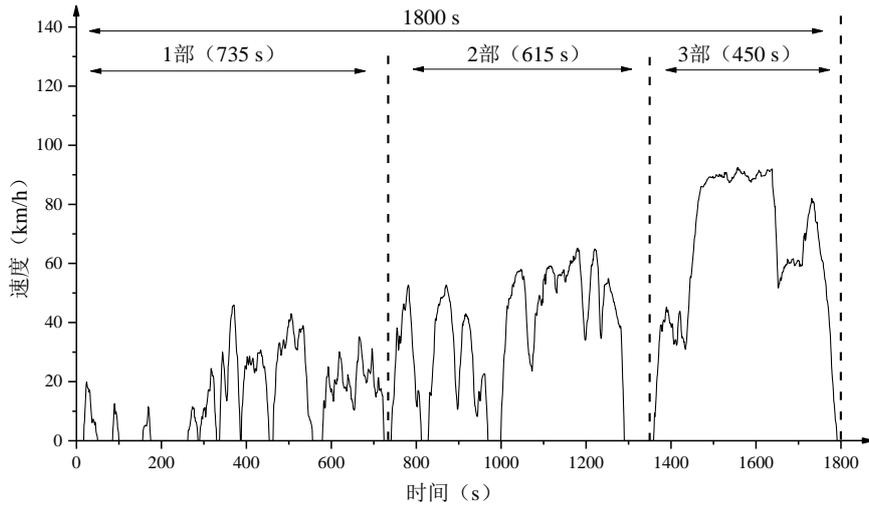


图 2-8 轻型商用车循环工况 (CLTC-C)

表 2-5 轻型商用车循环工况 (CLTC-C) 特征

特征	特征值	特征	特征值
运行时间(s)	1800	减速段平均减速度(m/s ²)	-0.48
里程(km)	16.43	速度标准差(km/h)	19.86
最大速度(km/h)	92.00	加速度标准差(m/s ²)	0.40
最大加速度(m/s ²)	1.36	相对正加速度(m/s ²)	0.11
最大减速度(m/s ²)	-1.39	加速比例(%)	23.28
平均速度(km/h)	32.87	减速比例(%)	23.67
运行平均速度(km/h)	41.25	匀速比例(%)	32.72
加速段平均加速度(m/s ²)	0.47	怠速比例(%)	20.33

3. 主要试验 (或) 验证情况分析

中国工况曲线构建完成后, 工况的运转合理性、车辆跟随性以及能耗和排放的影响均未可知, 需要通过工况验证进行评价修正。验证工作分两阶段展开, 第一阶段通过小范围内的试验验证, 确定试验规程; 第二阶段为大规模验证, 全行业共同参与, 进行试验验证。工况验证参与单位共 30 家, 其中检测机构 3 家, 自主品牌企业 13 家, 合资企业 7 家, 外资企业 7 家。验证车辆类型包括: 传统乘用车、EV、PHEV、轻型商用车等。轻型验证车辆排量覆盖 0.8-3.7L; 整备质量覆盖 1100kg 至 3750kg; 变速箱覆盖 MT、AT、AMT、DCT、CVT。验证车辆覆盖了我国当前的主流车型, 另外对新技术车型也有较好的覆盖。共完成了 100 余辆车的验证, 近 500 辆次的试验。下面以传统乘用车为例对验证结果进行介绍:

1) 工况曲线的可操作性验证

中国工况的可操作性是通过对比测试车辆在循环工况下的实际运行速度与工况设定速度的差异进行验证的。下面以乘用车工况 CLTC-P 为例，基于 GB18352.6-2016 规程，对偏差超过 $\pm 2\text{km/h}$ 的次数和持续时间进行统计，判断试验车辆在中国工况循环下的速度跟随特性。

家用车发动机排量多为 1.6L，且功率/整备质量比多在 54~65kW/t 之间。图 3-1 为某 1.6L 排量的自吸发动机车型中国工况循环的速度跟随情况。该车的功率/整备质量比为 54.36kW/t。由图可知，该车的速度偏差均在允许的偏差范围内，车辆能正常跟随中国工况循环曲线。

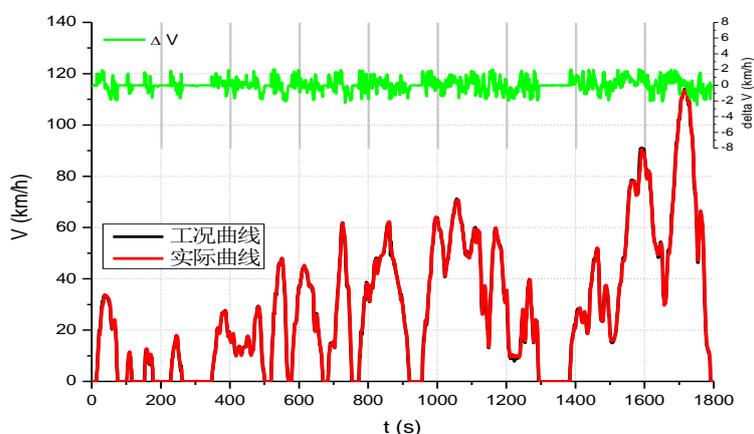


图 3-1 某 1.6L 排量车型的实际驾驶曲线和工况循环曲线及速度偏差

对于小排量车型，以 0.8L 某型号小排量轻型汽车为例。车辆的功率/整备质量比为 38.78kW/t。图 3-2 和图 3-3 错误！未找到引用源。分别为车辆实际驾驶曲线与工况曲线的关系和实际驾驶曲线与工况曲线速度偏差。由图可知，在工况的前 1500 秒内，工况的速度低于 80km/h，该车实际驾驶速度与工况曲线速度偏差均在 $\pm 2\text{km/h}$ （允许速度偏差范围）之内，车辆能按照中国工况循环曲线运行。在车速超过 80km/h 的高速段，车辆的实际速度与工况速度的偏差超过 -2km/h ，最长连续时间长达 32 秒。在节气门全开情况下，车辆的实际速度与工况速度相同时，时间上滞后 5 秒，车速跟不上中国工况循环曲线，具体如图 3-2 中的放大图所示。对该车型也进行了 NEDC 和 WLTC 工况测试，同样出现了跟线困难的问题，其中 WLTC 工况尤为明显。

综上所述，保有量高的黄金排量家用轻型乘用车能正常跟随中国工况循环曲线。对于小排量车型，CLTC-P 工况也出现了类似与 NEDC 和 WLTC 的跟线困难的问题，可以借鉴国六标准中的 downscale 方法对工况曲线的高速段进行缩减。

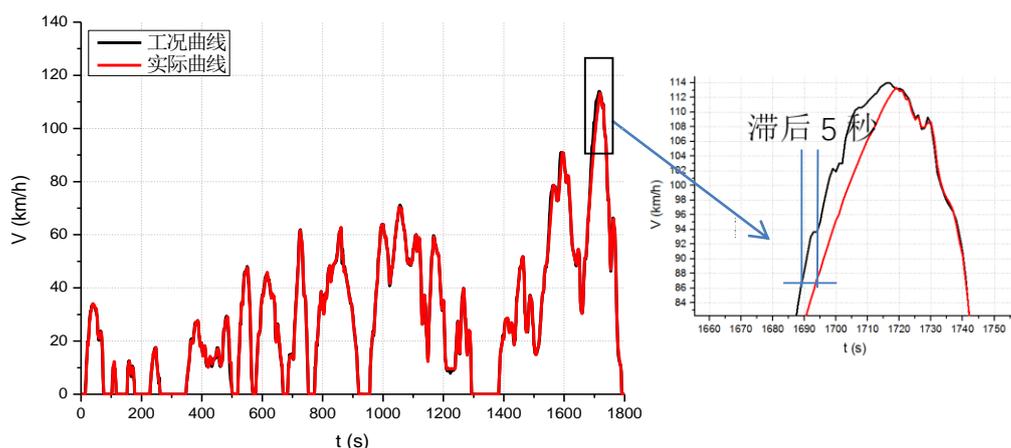


图 3-2 某 0.8L 排量车型的实际驾驶曲线和工况循环曲线

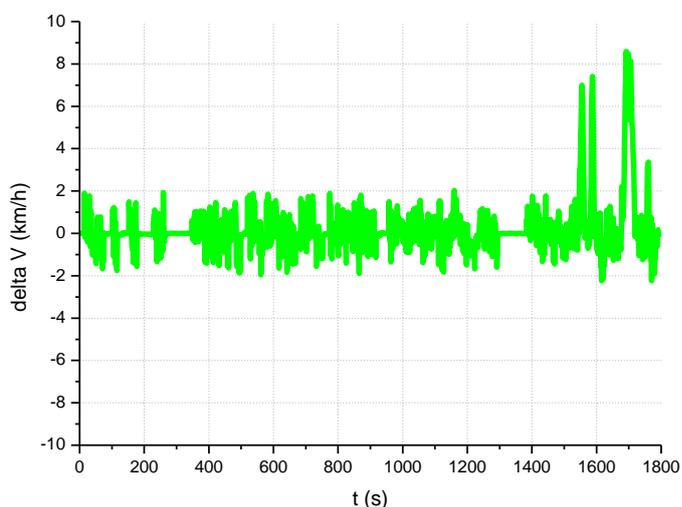


图 3-3 实际驾驶曲线与工况曲线速度偏差

2) 工况对不同车辆能耗排放的影响

通过用户油耗调查（“中国工况”油耗调查、小熊油耗）、实际数据收集（“中国工况”油耗采集）和研究机构相关报告¹分析得出轻型车用户实际油耗比公告油耗（NEDC）平均高 29%，差别主要来自循环曲线工况和使用工况的差异，采用不同节能技术的车型，差异结果并不一致，其中近年来市场份额增长迅速的所谓节能车型如增压车型差异尤大，达到 32%。为了充分验证不同工况对车辆油耗和排放的影响，项目组对来自 20 余个不同企业近 70 款车型分别进行了 NEDC、WLTC 和 CLTC 三种工况下的台架试验，并与用户实际油耗进行了对比分析。结果表明：WLTC 油耗与 NEDC

¹ [1] ICCT 乘用车实际油耗与工况油耗差异发展年度报告 2017.

油耗较接近（与 ICCT 报告一致），结果有高有低。CLTC 比公告油耗平均高 14%，其油耗最接近实际油耗。CLTC 油耗与实际油耗的差别主要来自空调使用（约 10%）、加载（3~5%）等使用条件的差异（ICCT 报告²）。此外，基于 CLTC 工况，对比了国五和国六两种测试规程的差异，结果表明，CLTC 国六规程下的油耗比国五规程高 5% 左右。另一方面，以目前市场份额较高的增压技术车型为例，其 CLTC 油耗与公告结果差距平均约为 22%。

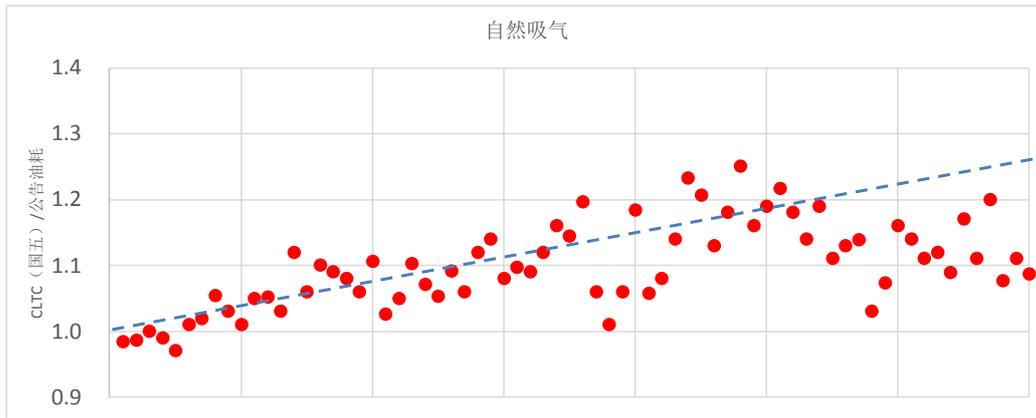


图 3-4 自然吸气车型 CLTC-P 油耗与公告油耗结果对比

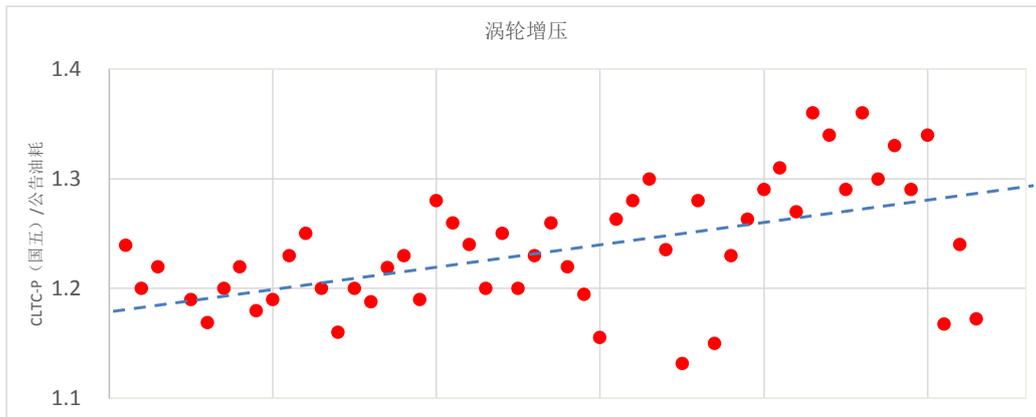


图 3-5 涡轮增压车型 CLTC-P 油耗与公告油耗结果对比

排放方面，尽管工况间油耗差异明显，但工况对各污染物排放影响不大，各工况基本相当。原因是污染物排放还受机外催化转化技术的削减，此类技术转化效率性能在各工况下基本相同（轻型车汽油机排温较高）。总体来讲，车辆油耗（能耗）主要受车辆及动力系统的影响，排放还受排放控制系统（各种催化还原装置，颗粒补集装置等）影响，中国工况的油耗更接近实际油耗，各工况下的排放结果差异不大。

² Mock P, Kühlwein J, Tietge U, et al. The WLTP: How a new test procedure for cars will affect fuel consumption values in the EU[J]. International Council on Clean Transportation, 2014, 9: 35-47

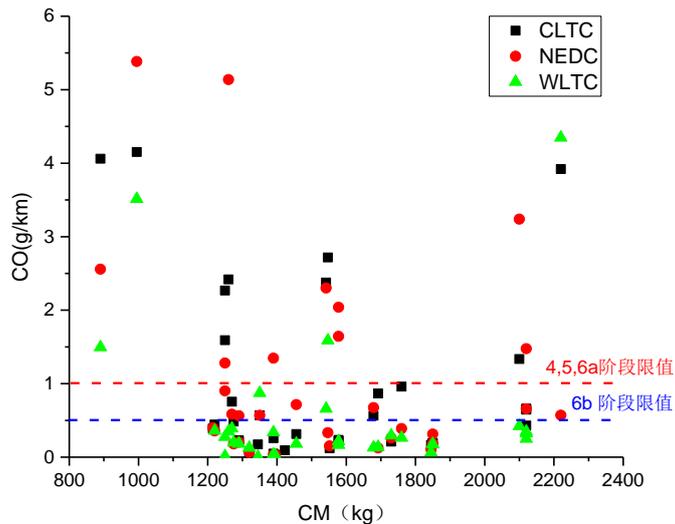


图 3-6 三种工况下的 CO 排放结果

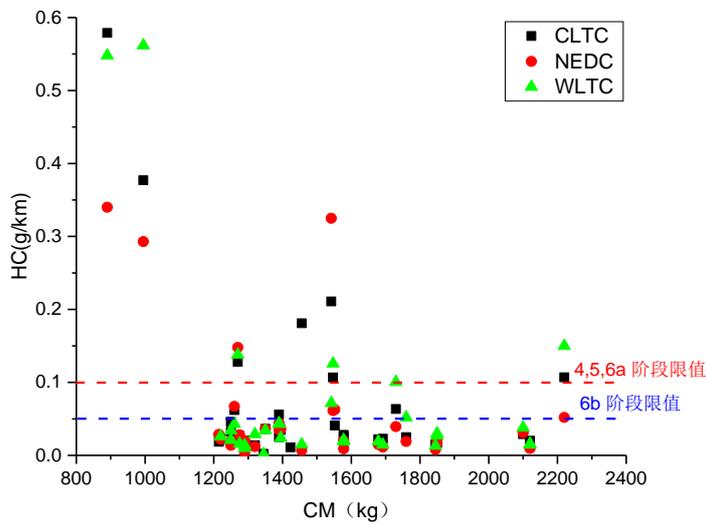


图 3-7 三种工况下的 HC 排放结果

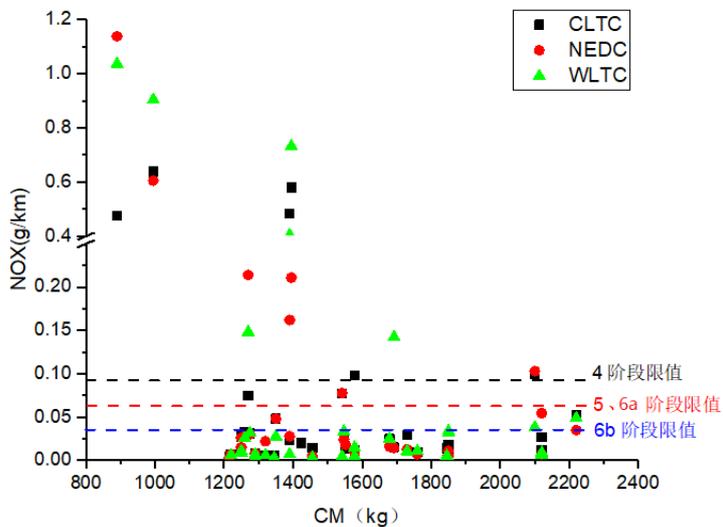


图 3-8 三种工况下的 NOx 排放结果

4. 专利说明

本标准不涉及专利。

5. 预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

本标准是贯彻落实《汽车产业中长期发展规划》和《节能与新能源汽车技术路线图》的重要措施。工况是汽车行业的一项重要共性基础技术，是车辆能耗排放测试方法和限值标准制定的依据，是国家节能减排战略实现和企业技术路线选择的重要技术支撑，直接影响汽车在实际道路、环境条件下的能耗、舒适性和可靠性。通过建立中国汽车行驶工况标准，可以为车型的开发提供基准，使型式认证的能耗排放与我国车辆实际运行中的能耗排放更加接近；有利于引导节能环保技术的导入和匹配优化，实现真正意义上的节能减排；有利于国家对车辆实际能耗排放进行合理有效地评估和监管，提高政府的公信力。

6. 采用国际标准和国外先进标准情况

6.1. 采用国际标准情况

本标准未采用国际标准。

6.2. 与同类国际/国外标准的对比

车辆行驶工况，主要用于确定车辆污染物排放量和燃油消耗量，是一种测试工具，由时间—速度的序列来描述。车辆典型行驶工况是在调查本国或地区的行驶工况基础上制定出来，是制定排放或油耗测试方法和标准的基础。

自美国加州 1966 年开发出世界上第一个车辆循环工况——FTP72（Federal Test Procedure）以来，世界各主要汽车销售的国家和地区均开展了相关研究，目前已经形成了种类繁多、用途各异的循环工况。根据行驶工况在国际上采用情况，可以将其分为三大类：美国循环工况、欧洲循环工况和日本循环工况。本世纪初，我国政府在没有基础数据积累的情况下，直接采用了欧洲的行驶工况（NEDC）。下面将对各典型工况循环进行详细介绍。

6.2.1. 美国行驶工况

20 世纪 60 年代，通过对美国洛杉矶市上下班的公共汽车的运行工况进行实测，得到了美国联邦车辆行驶循环 FTP72，又称 UDDS。该曲线被美国环保局（简称 EPA）用作车辆排放认证。随后，相关调研发现洛杉矶市内行车量一天平均启动 4.7 次，其

中冷启动 2 次，热启动 2.7 次，因此，1975 年在 FTP72 基础上加上了热启动部分，形成了 FTP75 测试循环。

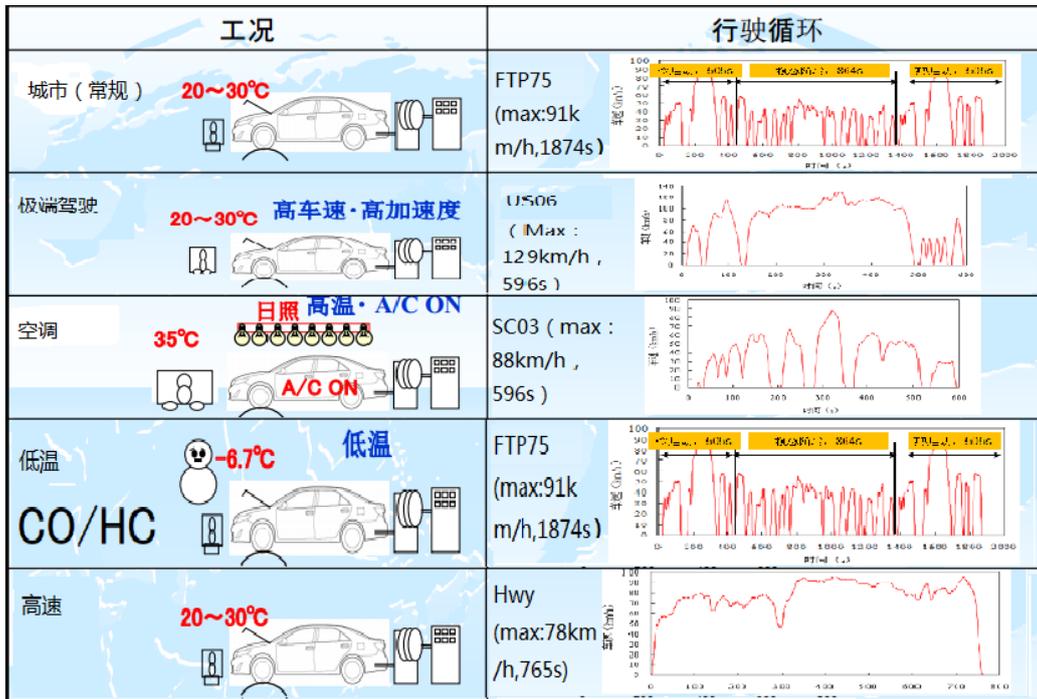


图 6-1 美国工况体系介绍

由于交通网络的发展，道路出现许多主干线和高速道路，车辆高速运行时间比例越来越大，加之空调使用率增长、低温环境多等因素，使得发动机主要污染物排放特征发生了改变，EPA 又补充了多种工况，如极端驾驶工况 US06、车辆高温空调满负荷运行的 SC03 以及高速公路工况 SFTP(Supplement FTP)，最终形成了目前的五工况体系，全面反映了车辆的各种实际使用情况，具体如图所示。

1) FTP75

FTP75 循环由冷启动、瞬态及热启动三部分组成，如图 所示。FTP75 第 3 部与第 1 部完全相同的部分，第 1 部为冷启动、第 3 部为热启动。在 2 部结束后和第 3 部之间，发动机停机 10 分钟。FTP75 循环里程为 17.77km，时长 1874 秒，平均车速 34.1km/h。FTP 的前 2 部是 FTP72。

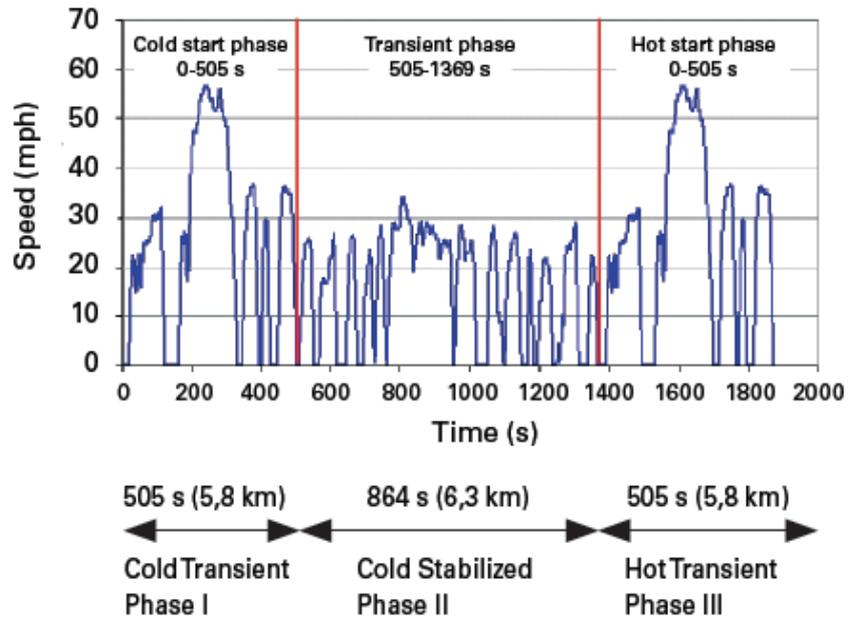


图 6-2 FTP75 工况图样

2) US06

FTP75 是一个人们通勤工况，而 US06 则反映了高速或高加速度的驾驶行为。US06 平均车速 77.9km/h、最高车速 129.2km/h。其里程为 12.8km，时长 596 秒。

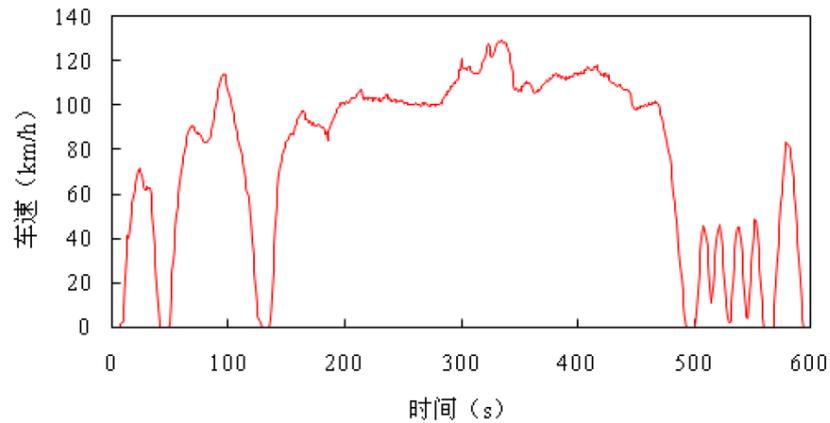


图 6-3 US06 工况

3) SC03

SC03 为高温空调全负荷运转循环，其循环里程为 5.8km，时长 596 秒，平均车速 34.8km/h，最高车速 88.2km/h。

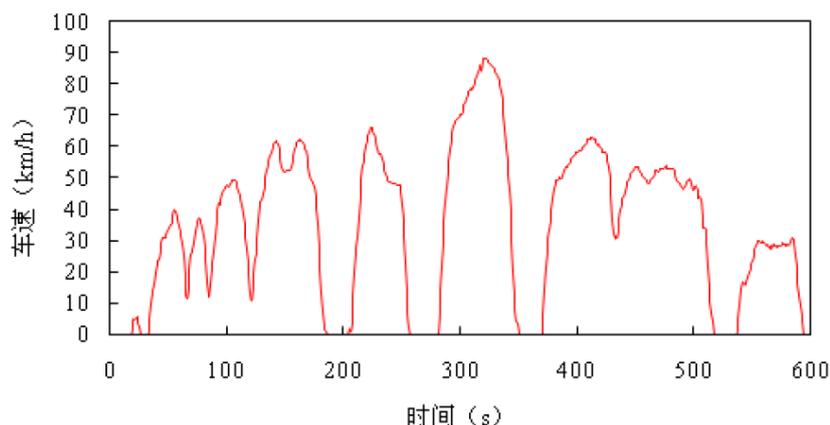


图 6-4 SC03 工况

4) HWFET

Highway Fuel Economy Test Cycle (HWFET)是高速公路燃料经济性循环，它模拟了车辆在高速公路上的行驶状况。HWFET 循环里程为 16.45km，时长 765 秒，平均车速 11.4km/h，最高车速 77.7km/h。

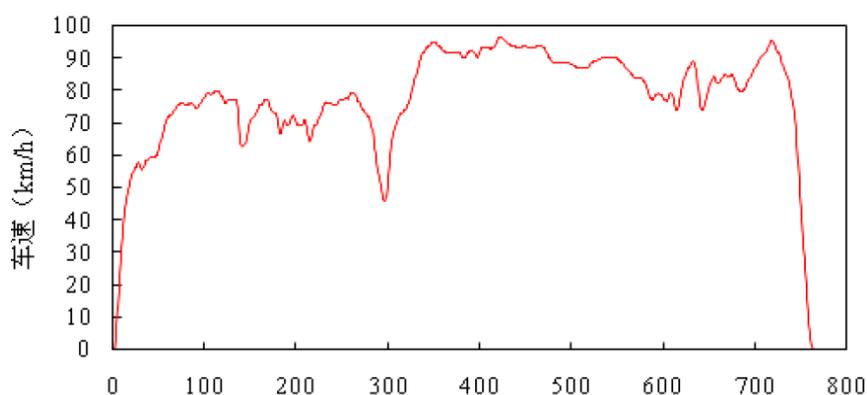


图 6-5 高速循环

5) 耐久工况

SRC 循环是 2005 年美国环保局为了预测 CAP 2000 项目中轻型汽车整个生命周期内排放而开发的标准道路循环 (Standard Road Cycle)。具体如图 所示，其中横轴为循环的序号，而非时间。SRC 循环由 7 个部分组成，每个循环长度 5.95km。SRC 循环平均车速 74.5km/h，最高车速 120.7 km/h。

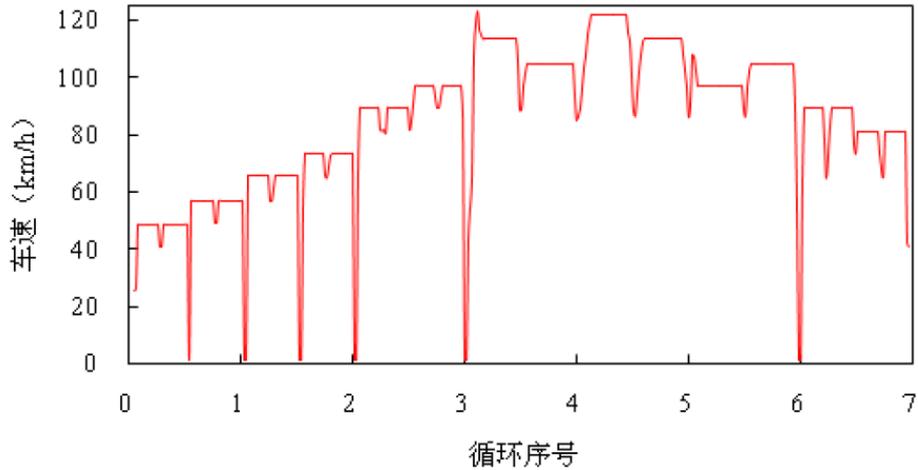


图 6-6 SRC 循环

6.2.2. 欧洲行驶工况

1) NEDC

1972 年欧洲开始实行统一的工况试验法，1974 年欧洲综合法规制定完成，即欧洲经济委员会的 ECE15，1984 年后修订为 ECE15-04。

2017 年之前，欧洲采用的是 NEDC 工况，如图 所示。NEDC 工况由 ECE (Urban Driving Cycle) +EUDC (Extra Urban Driving Cycle) 两部分组成。第一部分用于模拟传统的城市道路工况，由 4 个 ECE15 工况组成，每一个 ECE15 工况都包括了加速、减速、匀速和怠速共 15 种工况，第一部分持续时间为 780s，总行驶里程为 4.052km，平均车速为 18.7km/h。1 部具有低速、低负荷和低排气温度的特性。由于车辆城郊运行比例增加和 NO_x 排放管理的加严，1992 年增补了模拟市郊行驶的 2 部工况，持续时间为 400s，行驶里程为 6.955km，平均车速 62.6km/h，该部分最高车速为 120km/h。从 2000 年开始的欧洲 III/IV 排放法规取消了发动机保持怠速运转 40s 后开始第一个循环的规定。

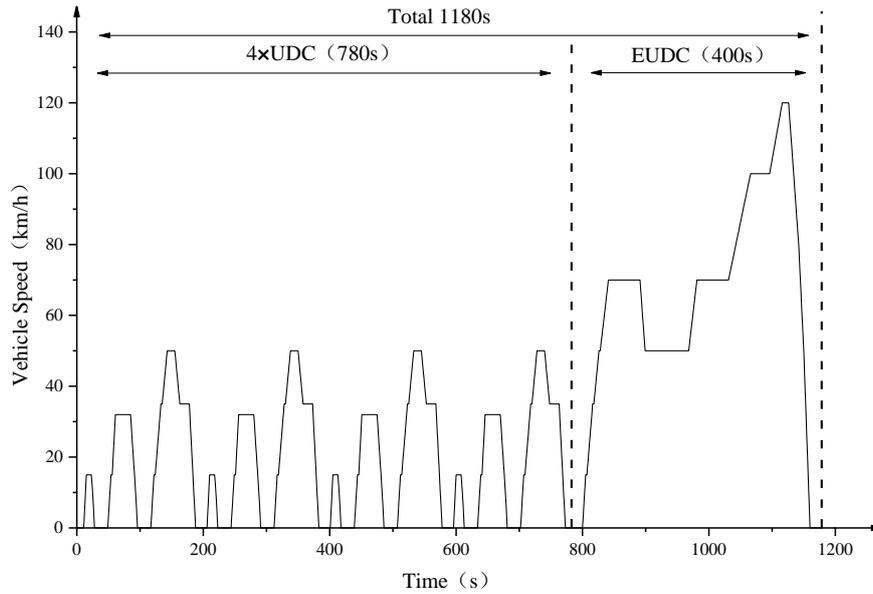


图 6-7 欧洲 NEDC 工况

总体上，NEDC 工况持续时间为 1180s，行驶里程 11.007km，平均车速为 33.6km/h，最高车速 120km/h，最大加速度为 1.04m/s^2 。

2) WLTC

为了提出一个全世界通用的、更加符合实际道路交通状况的车辆行驶工况，世界车辆法规协调论坛（WP.29）成立了轻型汽车全球排放法规（WLTP，Worldwide Light-duty Test Procedure）开发工作小组，小组内的相关研究人员开发了 WLTC。图 6-8、图 6-9 是 WLTC 开发过程的简介。2009 年，该工作正式启动成立了工作组，该工作组下又分两个子工作组 DHC（Development of the Harmonized Test Cycle）和 DTP（Development of Test Procedure），还有指导委员会和验证团队。其中，DHC 负责测试工况的开发和验证，DTP 负责测试程序的开发和验证。

工况开发主要有以下几部分工作：基础数据收集、行驶工况开发、行驶工况验证等。其中收集数据用了大约 2 年的时间，直至 2011 年 4 月所有成员国才完成基础数据采集工作，工况开发和验证耗时约 2 年时间，2013 年底工况验证完成，形成了最终的测试工况。WLTC 循环里程为 23.27km，时长 1800s，其中市区工况 3.12km，市郊 4.74km，高速 7.14km，超高速 8.25km，循环平均速度 46.54km、怠速比例为 13%。

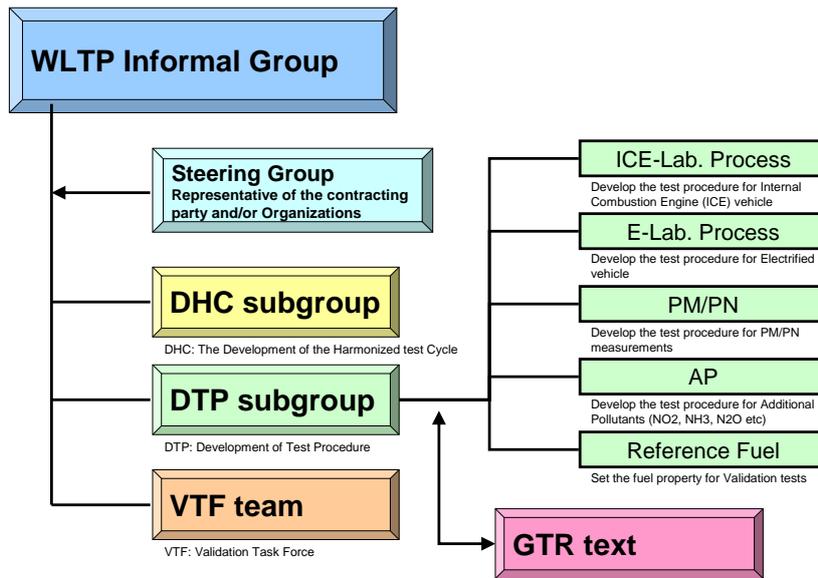


图 6-8 WLTP 工作组总体概述

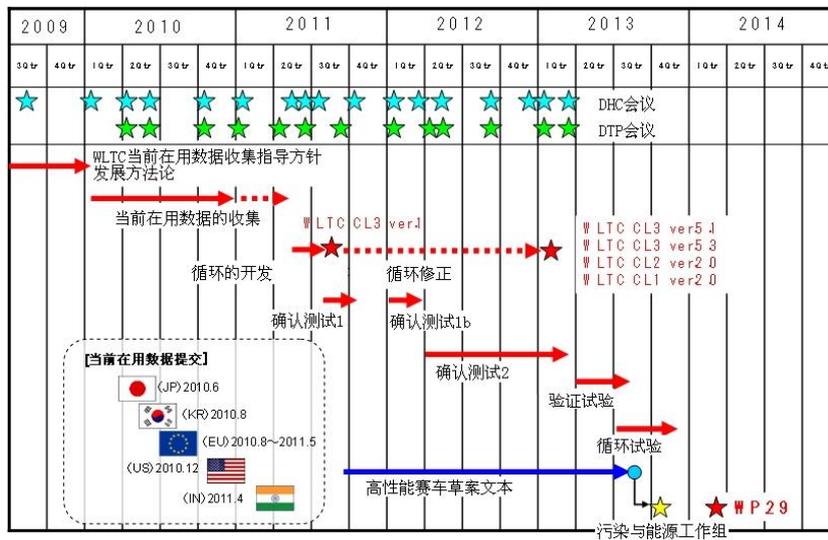


图 6-9 DHC 工作组的发展计划

WLTP Phase 1b Rough Schedule

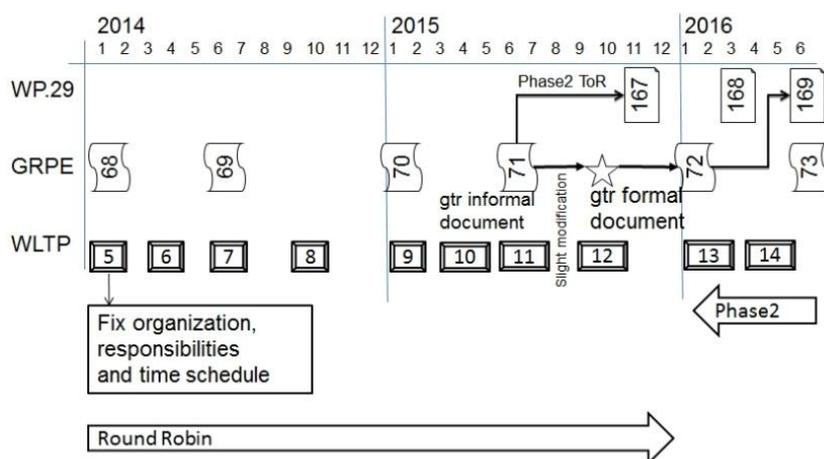


图 6-10 DTP 工作组开发计划

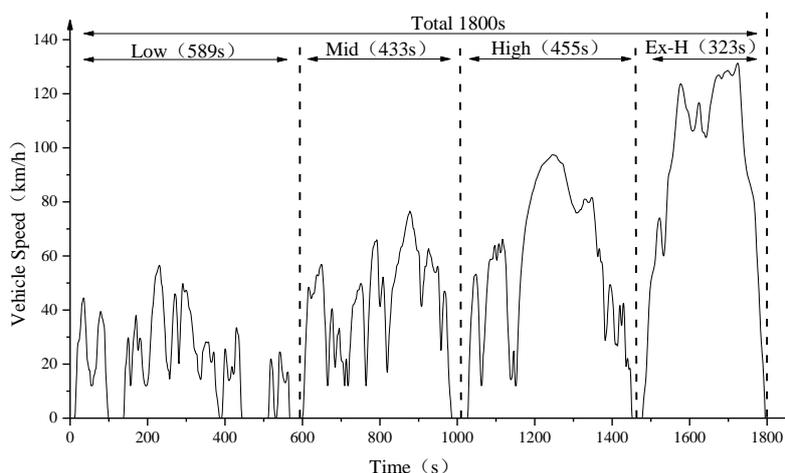


图 6-11 WLTC 工况

测试程序开发与工况开发是相辅相成的，DTP 工作组计划要完成常规车试验室测试程序、电动汽车测试程序、污染物种类和基准油的确定等。从 WLTP 的工作计划来看，一个测试程序的开发涉及的内容较多，是一个很长的过程，至少需要 6 年的时间。

6.2.3. 日本行驶工况

从 1966 年开始，日本便着手控制车辆的排放污染，对新车进行 4 工况检测。1976 年之前，日本采用的是 10 工况（如图 所示）法模拟城市内车辆的行驶工况，全长 0.664km，时长 135 秒，最大车速 40km/h，平均车速 17.7km/h。整个循环以 40km/h 车速热车 15 分钟后开始，连续运行 6 个相同的循环。排放结果以最后 5 个循环的试验结果进行计算，总里程 3.32km，时长 675 秒。1976 年之后，新生产的车型采用 11

工况法，并且从冷启动开始，循环重复 4 次，对全过程进行采样，即冷启动排放测试。1991 年开始，新车采用 10-15 工况试验法，10-15 工况是在 10 工况循环基础之上增加了一个最高车速为 70km/h 的 15 工况循环演变而来的。10-15 工况循环包含了三个 10 工况循环以及一个 15 工况循环。在进行排放及燃料经济性试验时，首先以 60km/h 车速热车 15 分钟后开始，随后进行怠速试验、5 分钟 60km/h 车速热车及一个 15 工况循环，然后运行 10-15 工况循环，并以其排放和燃料经济性测量结果作为试验结果。整个 10-15 工况循环全长 4.16km，时长 660 秒，最大车速 70km/h，平均车速 22.7km/h。日本 10-15 工况也属于模态工况，与欧洲的 NEDC 工况相似。由于日本认证工况、欧洲认证工况和美国认证工况之间具有良好的相关性，因此日本很长一段时间内都在使用自己的工况。10-15 工况曲线如图 所示。

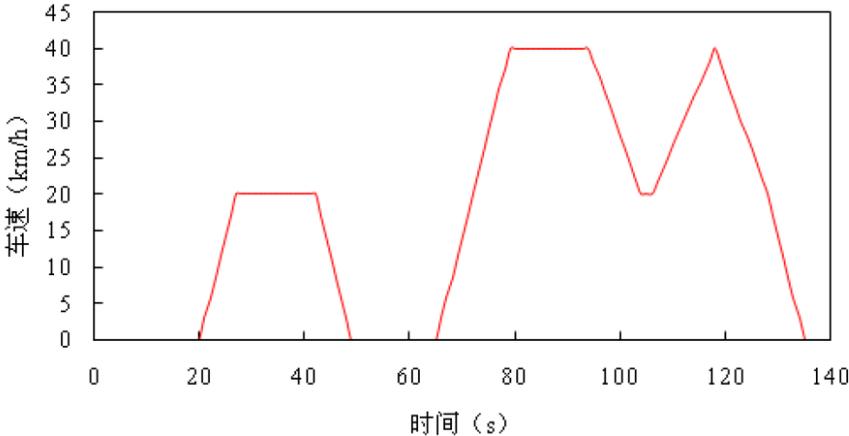


图 6-12 10 工况

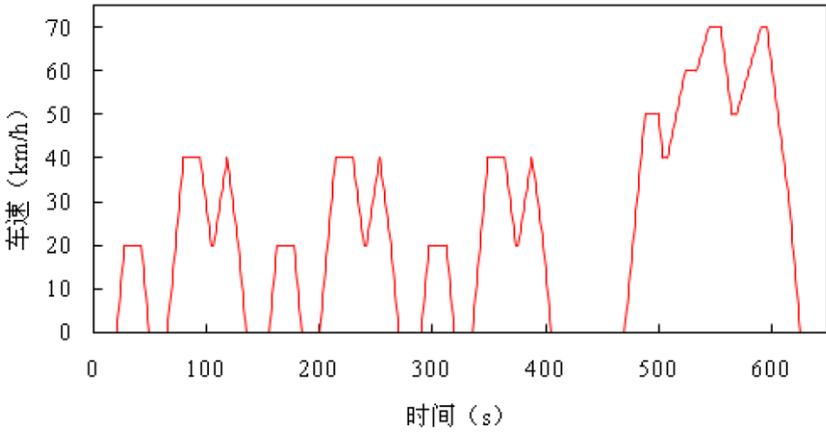


图 6-13 10-15 工况

在后来的使用过程中，日本发现 10-15 这种模态工况无法很好地反映出车辆的实际排放和油耗。2005 年，日本基于车辆在东京、大阪和名古屋等地区的实际驾驶特

征开发并发布了 JC08 工况，该工况为瞬态工况，主要模拟了城市中拥堵的交通状况，包括了城区、中心城区以及高速道路三部分。JC08 工况循环全长 8.171km，时长 1204 秒，最大车速 81.6km/h，平均车速 24.4km/h，循环曲线如图 6-所示。从 2008 年起到 2011 年 10 月，JC08 循环将逐步在日本法规中实施。在过渡期内，通过调整不同循环的权重系数实现：2008 年 10 月起：冷启动 JC08 循环占 25%，热启动 10-15 循环占 75%；2011 年 10 月起：冷启动 JC08 循环占 25%，热启动 JC08 循环占 75%。在试验时，JC08 循环分别以冷启动和热启动各运行一次。

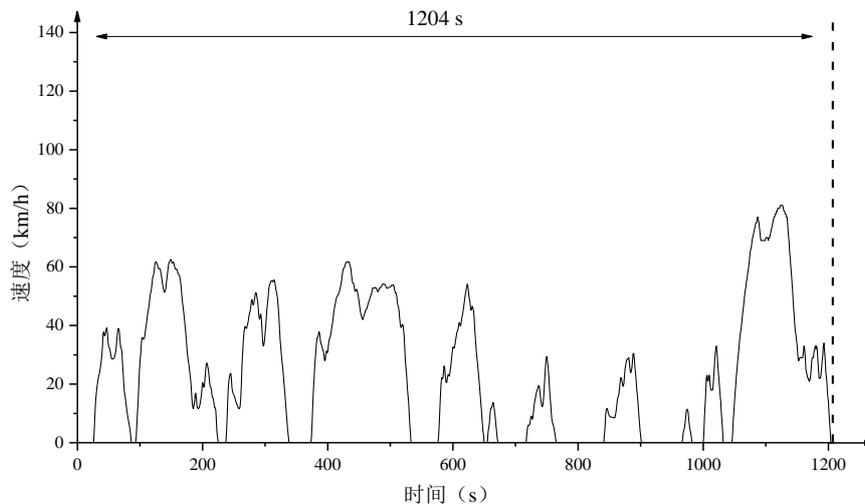


图 6-14 日本 JC08 工况

6.2.4. 国内研究现状

国内不少城市也都构建出了适合本地区的循环工况，对行驶工况构建方法的研究不仅具有理论意义，而且具有实用价值。国家科技部 863 课题“典型城市车辆实际行驶工况的研究”成果，在 2006 年还形成了汽车行业标准（QC/T 759-2006 汽车试验用城市运转循环），其中的城市客车用运转循环被 GB/T 19754 国家标准采用，乘用车城市运转循环尚未被法规采用。

7. 在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性。

本标准是我国汽车标准体系中重要的共性基础标准，与现行相关法律、法规、规章及相关标准没有冲突或矛盾。

8. 重大分歧意见的处理过程和依据

本标准制定过程中无重大分歧。

9. 标准性质的建议说明

本标准为您推荐性标准。

10. 贯彻标准的要求和措施建议

建议在 GB/T 19233-2008 轻型汽车燃料消耗量试验方法、GB/T 19753-2013 轻型混合动力电动汽车能量消耗量试验方法、GB/T 18386-2017 电动汽车能量消耗率和续驶里程试验方法、GB/T 29125-2012 压缩天然气汽车燃料消耗量试验方法、GB/T 35178-2017 燃料电池电动汽车氢气消耗量测量方法等能耗和排放标准中引用中国工况标准，以保证各类车型在更接近我国实际道路条件的工况下进行研发、匹配和测试，进一步促进汽车行业的节能减排工作。

11. 废止现行相关标准的建议

无。

12. 其它应予说明的事项

无。