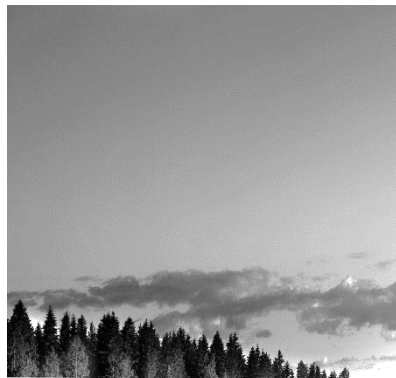
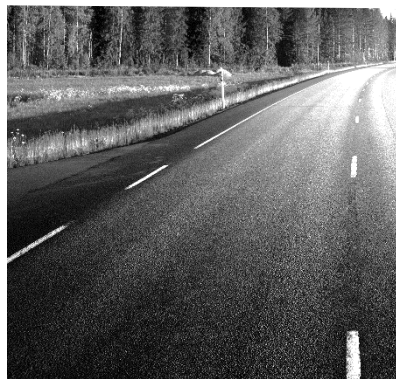


2018

中国乘用车实际道路行驶与油耗分析年度报告



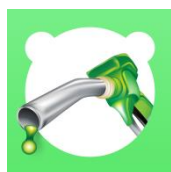
2018 New Data Analysis on
Real-world Driving and Fuel
Consumption for Passenger
Cars in China



能源与交通创新中心

Innovation Center for Energy and Transportation

2018年8月



致 谢

感谢能源基金会和洛克菲勒兄弟基金会为本报告提供资金支持,感谢小熊油耗 APP 和智驾出行 APP 提供数据及观点支持,同时也诚挚感谢为本报告提供宝贵意见和建议的业内专家和同事。

报告作者

毛世越、秦兰芝、Maya Ben Dror、康利平、孙洪波、安锋

报告声明

本报告由能源基金会和洛克菲勒兄弟基金会资助,小熊油耗 APP 和智驾出行 APP 提供数据及观点支持,报告内容不代表资助方及支持方观点。

能源与交通创新中心 (iCET)

Innovation Center for Energy and Transportation

北京市朝阳区东三环中路 7 号财富公寓 A 座 27H 室

邮编: 100020

电话: 0086 10 65857324

邮件: info@icet.org.cn

网址: www.icet.org.cn

名词解释

轻型汽车	最大设计总质量不超过 3500 kg 的 M1 类、M2 类和 N1 类汽车；
M1 类汽车	包括驾驶员座位在内，座位数不超过九座的载客汽车；
M2 类汽车	包括驾驶员在内座位数超过九座，且最大设计总质量不超过 5000 kg 的载客车辆；
N1 类汽车	最大设计总质量不超过 3500 kg 的载货车辆；
公务车	以单位名义注册登记的车辆；
私家车	以个人名义注册登记的车辆；
商用车	在设计和技术特性上用于运送人员和货物的汽车，并且可以牵引挂车 (乘用车不包括在内)（GB/T 3730.1-2001），包括所有的载货汽车和 9 座以上的客车；
乘用车	在设计和技术特性上主要用于载运乘客及其随身行李和/或临时物品的汽车，包括驾驶员座位在内最多不超过 9 个座位，它也可以牵引一辆车（GB/T3730.1-2001）；
实际油耗	实际道路条件下汽车驾驶油耗水平，本报告实际油耗是由车主通过小熊油耗 APP 上传的车辆综合统计平均油耗；
工况油耗	国内汽车生产企业或进口汽车经销商在销售产品之前，必须按照 GB/T19233（《轻型汽车燃料消耗量试验方法》）申报并经指定的检测机构（其中进口汽车可经质监部门指定检测机构）检测确认的燃料消耗量数据；包括综合工况油耗、市区工况油耗、市郊工况油耗；
油耗差异	指车型实际油耗与综合工况油耗比值；
有效数据	小熊油耗 APP 数据库中，筛除样本量低于 20 的车型后，根据某车型平均油耗（$M = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$）为基准，两个方差 $[S^2 = \frac{(x_1 - M)^2 + (x_2 - M)^2 + (x_3 - M)^2 + \dots + (x_n - M)^2}{n}]$ 范围内，即 $[M - 2s^2, M + 2s^2]$ 范围内的数据视为有效数据
NEDC 工况	当前中国使用的机动车排放测试标准，该工况由欧盟于上世纪 90 年代

制订；

OBD On-Board Diagnostics，车载诊断系统；

RDE Real Driving Emissions，实际行驶污染物排放；

VKT Vehicle Kilometers Travelled，在报告中指车辆在某段时间内的（平均）出行里程；

目录

执行摘要.....	1
1. 背景介绍.....	9
1.1 车辆油耗差异研究进展	9
1.2 车辆油耗差异研究媒介	10
2. 基础数据情况.....	13
2.1 基础油耗数据	13
2.2 VKT 研究进展.....	16
2.2.1 中国情况.....	17
2.2.2 国外情况.....	19
3. 实际油耗与工况油耗差异研究	22
3.1 数据提供方简介	22
3.2 数据代表性	23
3.3 油耗数据采集	24
3.4 数据筛选	25
3.5 研究结果与分析	26
4. 典型城市 VKT 特征分析与差异研究.....	37
4.1 数据来源.....	37
4.2 数据筛选.....	37
4.3 研究结果与分析	37
4.3.1 总体样本分析	37
4.3.2 典型城市分析	43
5. 结论与建议	47
5.1 报告结论	47
5.2 报告建议	47
附件 I 各主要车辆品牌实测、工况油耗及差异值	49
附录 II 数据清洗和筛选过程	52

图目录

图 1	OB D 设备发展历程.....	12
图 2	中国油耗测试循环工况示意图	13
图 3	中国汽车燃料消耗量查询系统网站示意图	14
图 4	新（左）旧（右）两版汽车燃料消耗量标识比较	15
图 5	2013 年私人乘用车分地域行驶里程情况	18
图 6	美国各类汽车年均行驶里程情况	20
图 7	2002-2016 年间英国主要汽车类型年均行驶里程变化趋势	21
图 8	2008-2017 年款各类车型用户占小熊油耗总用户量比例的变化趋势	23
图 9	2017 年小熊油耗用户分布与当年全国乘用车销量分布对比	24
图 10	小熊油耗 APP 实际油耗计算过程演示	25
图 11	2008-2017 年款车型实际油耗与全国乘用车综合工况油耗均值变化趋势	27
图 12	2008-2017 新车车型中 AT 车型占比（小熊油耗有效样本与全国销量数据对比）	28
图 13	2008-2017 年款新车车型油耗差异变化趋势	29
图 14	基于全国实际 AT/MT 车型占比对小熊油耗样本车型整体油耗差异的校正结果	30
图 15	不同车型类别 2010-2017 年款油耗差异发展趋势	32
图 16	小熊油耗样本库中各 SUV 细分产品样本量占比	33
图 17	SUV 细分级别车型 2010-2017 年款油耗差异变化趋势	34
图 18	不同年款车型在 2014-2017 自然年的油耗差异变化趋势	35
图 19	2017 中国油耗指数地图	36
图 20	总样本 VKT 季度变化	38
图 21	总样本 VKT 月度变化	39
图 22	VKT 平均里程一周变化	40
图 23	总样本 VKT 年度变化	42
图 24	不同类型车辆平均 VKT 水平比较	43
图 25	四城市年均行驶里程比较	44

图 26 不同城市月均 VKT 水平变化.....	45
图 27 不同城市一周日均 VKT 水平变化.....	46

表目录

表 1 小熊油耗与智驾行 APP 数据库特征..... 11

表 2 中国油耗测试循环工况数据表 14

表 3 现行油耗测试循环工况要求 16

表 4 2002-2009 年我国轻型汽车年均 VKT 水平（km） 17

表 5 其他国家人均 VKT 和单车年均 VKT 对比..... 21

表 6 小熊油耗 APP 实际油耗有效样本量及其占当年乘用车销量的比例 25

表 7 2010-2017 年款各类车型油耗差异对比..... 31

执行摘要

近年来，大数据分析在道路交通领域中广泛应用，这在帮助消费者了解实际道路和真实驾驶情景的同时，也对相关政策标准的设计提出了更高要求。在意识到实际油耗与工况油耗的差异之后，欧盟与中国决定对车辆实施实际驾驶排放（Real-Drive Emission, RDE）试验，以测量车辆的真实排放情况；同时，中国也在开发适合本国国情的工况循环体系¹，用以替代原基于欧盟的 NEDC 工况循环，力图将实际油耗与工况油耗的差异缩小到合理范围内。

过去几年，能源与交通创新中心（iCET）²和国际清洁交通委员会（ICCT）³等机构对乘用车实际油耗及 CO₂ 排放的追踪研究是大数据在道路交通领域应用的一个典型案例。通过与第三方数据提供者合作，研究机构可获得大量的车辆实际驾驶信息，为实际油耗及 CO₂ 排放分析提供了数据基础。

本报告基于小熊油耗和 OBD（智驾行）APP 提供的乘用车大数据，继续跟踪分析中国乘用车队实际道路驾驶和实际油耗情况，这是 iCET 第四年与小熊油耗 APP 合作，第二年与智驾行 APP 合作，进行油耗与 VKT 方面的研究。同时，本次研究重点也从单一的车辆实际油耗与工况油耗差异过渡到车辆出行行为规律（主要为行驶里程 VKT）与车辆实际油耗差异并行的阶段，旨在为乘用车实际道路监测提供更多素材，以更好进行政策改进。

报告主要结论分两部分阐述如下：

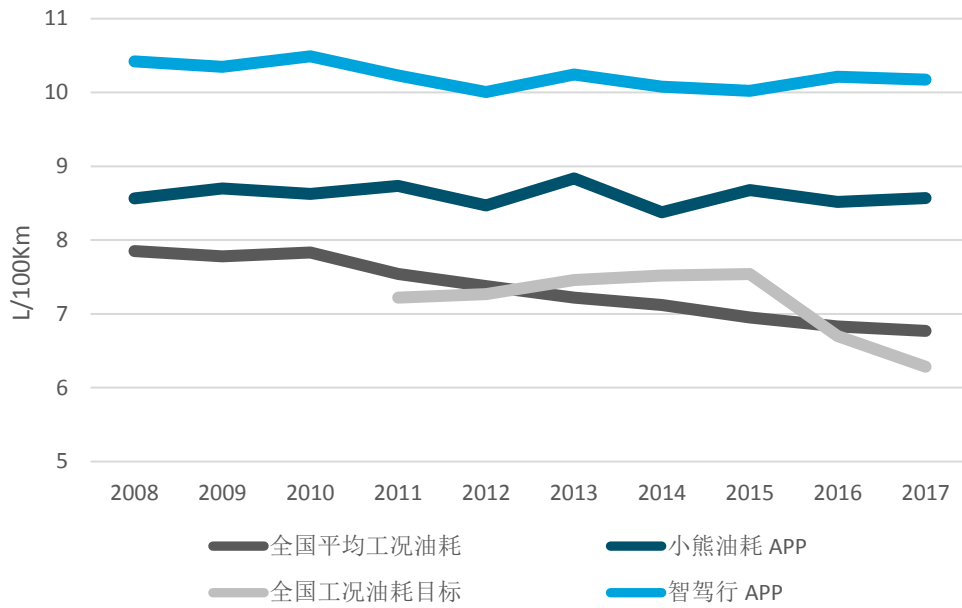
第一部分：中国车辆实际油耗与工况油耗差异分析

1. 近十年来，我国乘用车整体实际油耗下降并不明显，但工况油耗持续下降，导致实际油耗与工况油耗的差异日渐增长，尤其是新车油耗差异从 2008 年款的 112% 增至 2017 年款的 130%。

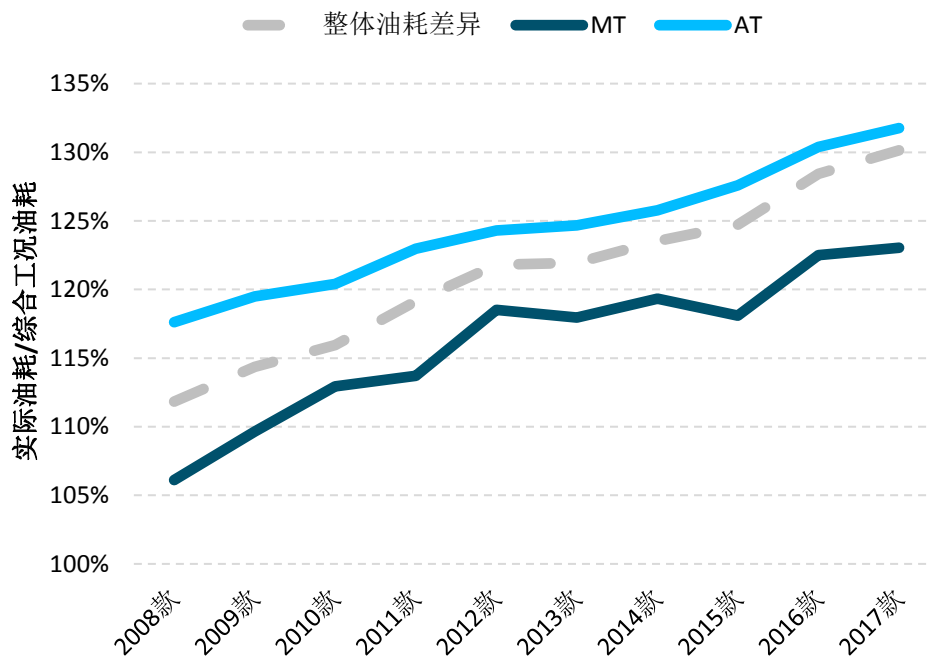
¹ 新华社，打破产业发展瓶颈 “中国工况” 进入倒计时，2017-09-21，
http://www.xinhuanet.com//fortune/2017-09/21/c_1121698200.htm

² iCET 从 2015 年起连续跟踪中国乘用车实际油耗与工况油耗差异，并每年发布相应研究报告，在行业内引起广泛共识。

³ ICCT 自 2013 年起连续发布系列报告 From Laboratory to Road，分析多个欧盟国家车队实际道路 CO₂ 排放与型式测试排放之间的差异。



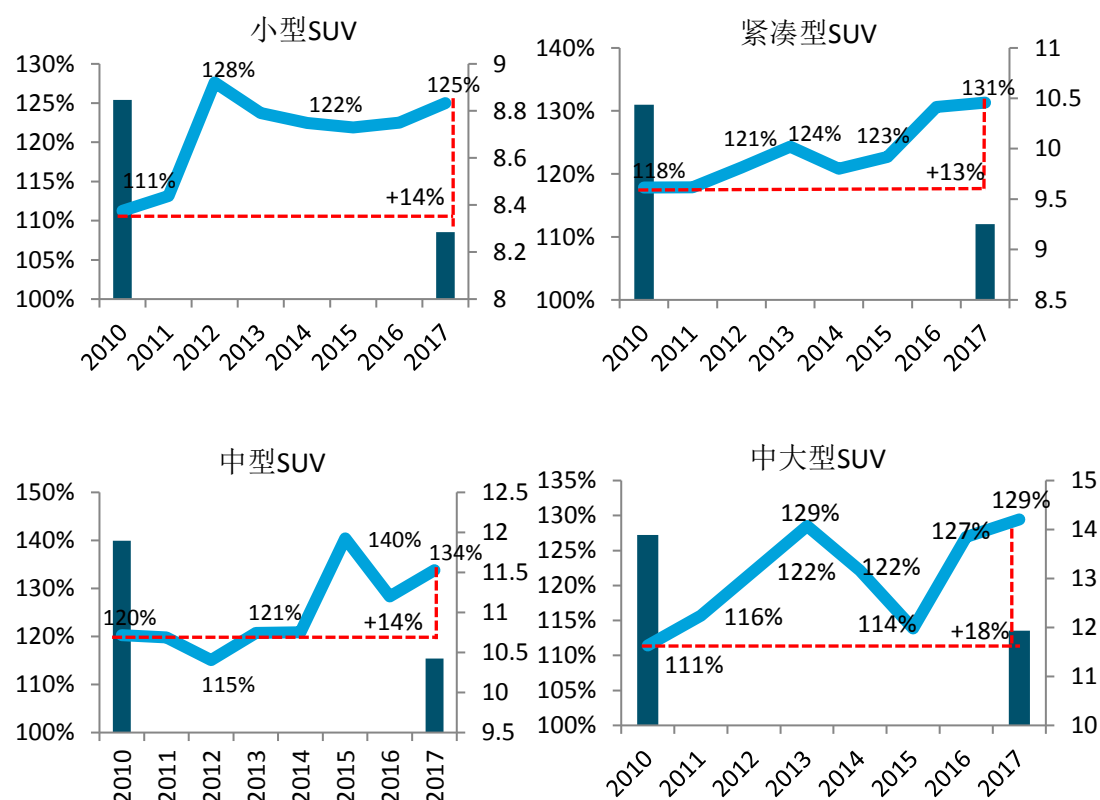
2. 自动挡车辆（AT）相比于手动挡车辆（MT）而言有更高的油耗差异，但是继续上升的速度比手动挡车辆更慢。



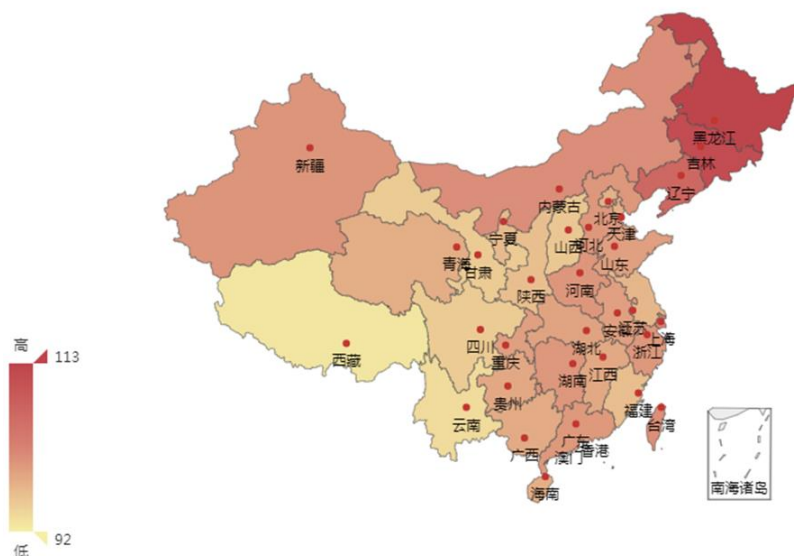
3. 中型车、紧凑型车和 SUV 的油耗差异相比其他车辆类型更大。

类别/ 年份	2010 款	2011 款	2012 款	2013 款	2014 款	2015 款	2016 款	2017 款	年均 增加	8 年累 计增加
小型	117%	118%	120%	121%	123%	124%	125%	128%	1.4%	11%
紧凑型	115%	118%	122%	120%	126%	124%	129%	129%	1.8%	14%
中型	119%	124%	121%	129%	124%	127%	127%	134%	1.9%	15%
中大型	122%	130%	133%	130%	131%	125%	131%	131%	1.1%	9%
SUV	117%	118%	123%	124%	122%	125%	129%	130%	1.6%	13%
MPV	114%	117%	119%	118%	114%	121%	121%	121%	0.9%	7%

4. SUV 依然是中国汽车销售的主力：2017 年新增销量 41%，同比增加了 13.3%；针对不同级别的 SUV 乘用车分析发现，中型 SUV 的油耗差异最大。

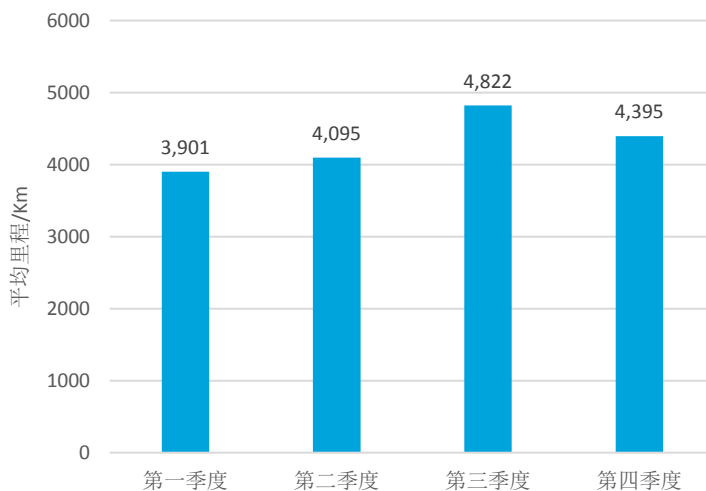


5. 分区域乘用车油耗差异方面，东北地区“油耗指数”相对较高，而西南地区“油耗指数”则相对较低。另外，从全国范围来看，东部地区“油耗指数”普遍高于西部地区；

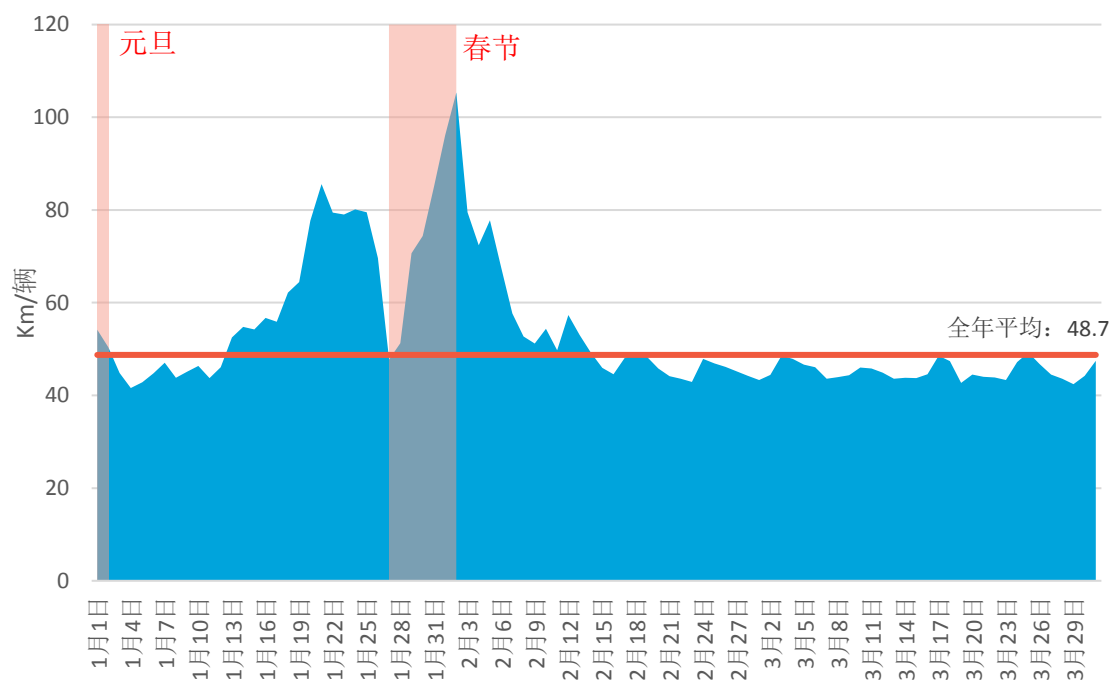


第二部分：中国车辆行驶里程 VKT 分析

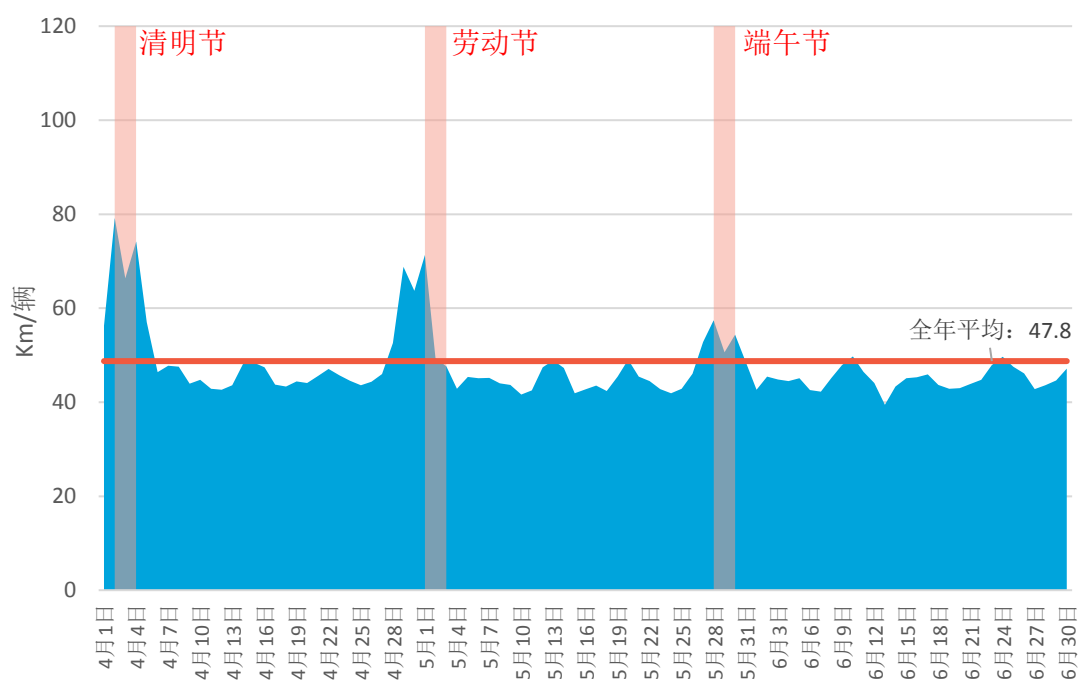
6. 针对不同时间段的 VKT 数据进行研究后发现，夏秋两季平均 VKT 较高，冬季较低，春季 VKT 波动较小；



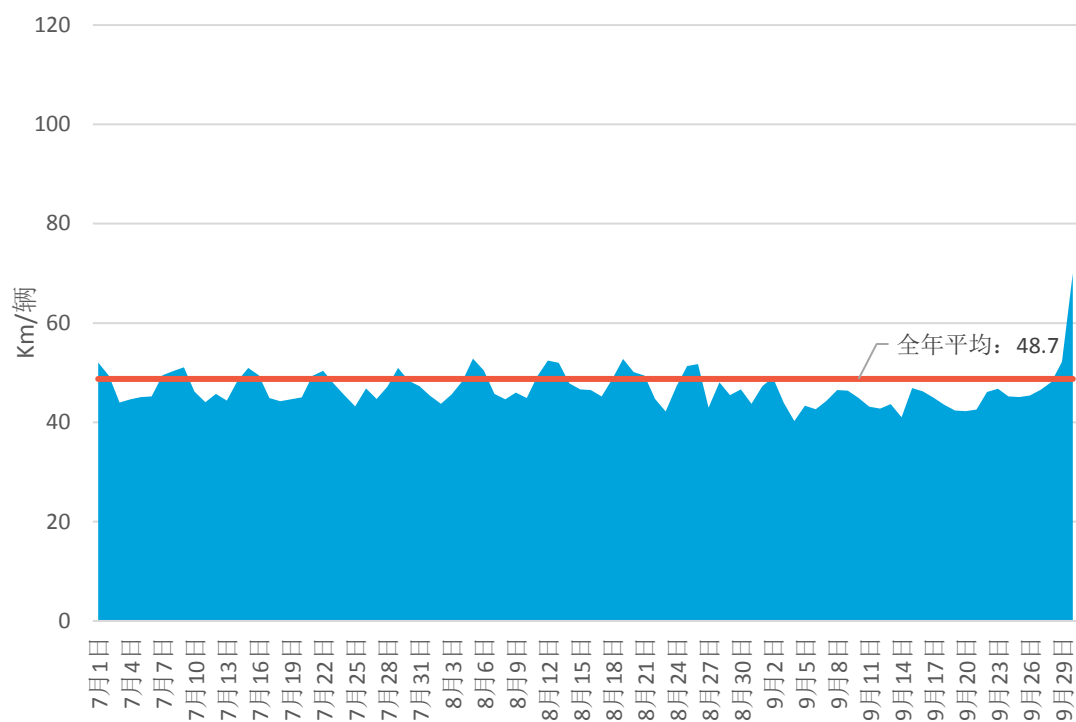
7. 从 VKT 的角度进行分析，可以发现法定节假日对人们出行的影响十分巨大，尤其表现在劳动节和国庆节等假期。根据本次样本数据，劳动节与国庆节可以分别提高 VKT 约 50%和 86%；春节的 VKT 变化模式与其他节日均有所不同，除夕与年初一 VKT 呈现断崖式下跌，相比前一周下降约 40%，而后一周快速上升，并在年初六达到峰值；



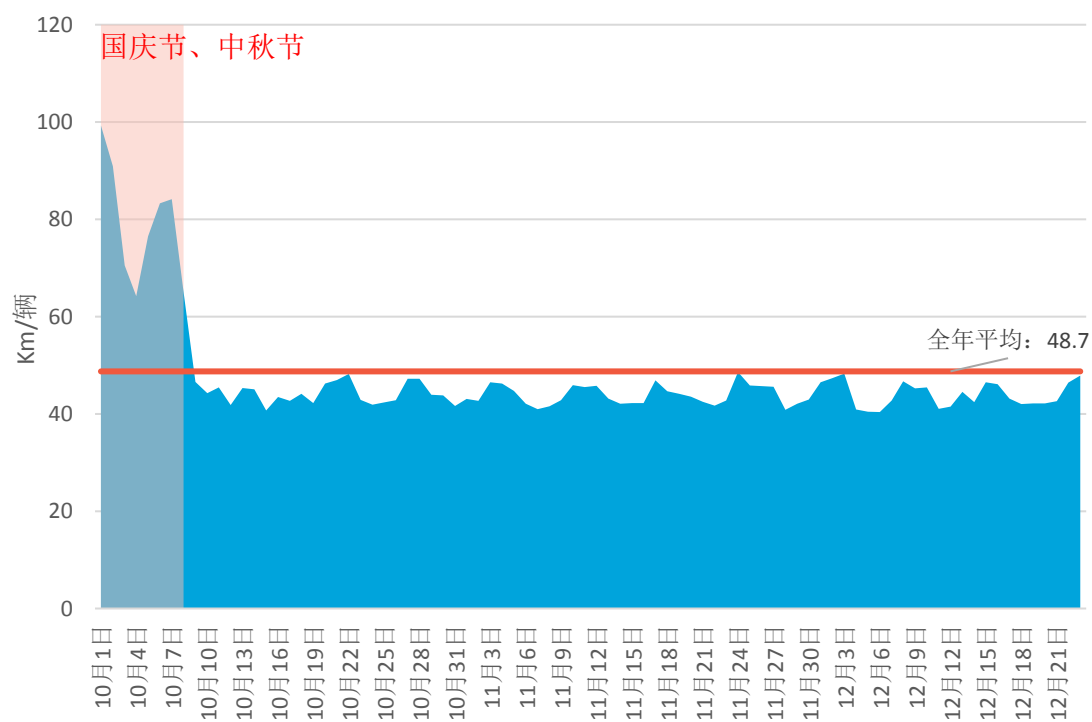
(a) 1-3 月



(b) 4-7 月

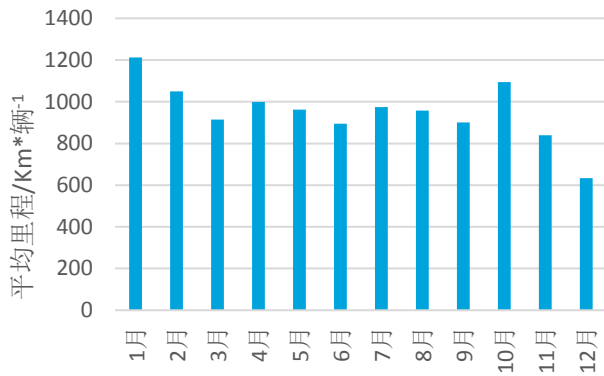


(c) 7-9 月

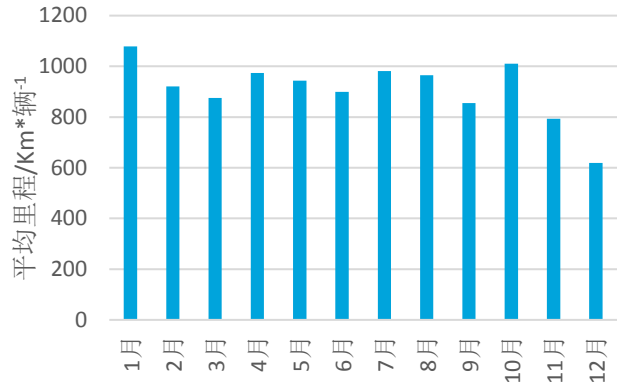


(d) 10-12 月

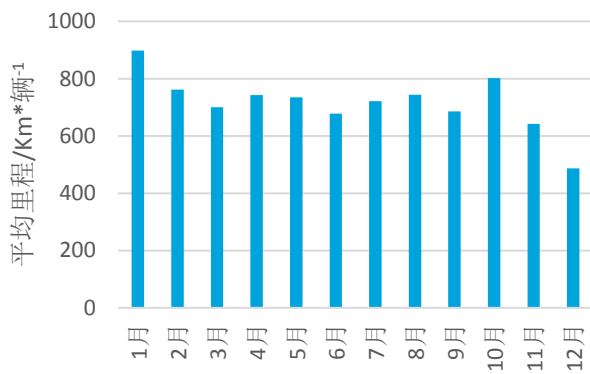
8. 根据典型城市分析，不同城市机动车 VKT 变化模式有很大差异。北京独树一帜，全年 VKT 波动超过 100%，其余三座典型城市，苏州，广州和深圳，全年 VKT 波动则相对较小；



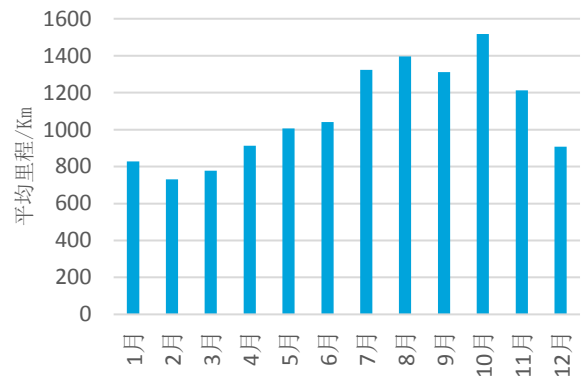
(a) 深圳



(b) 广州

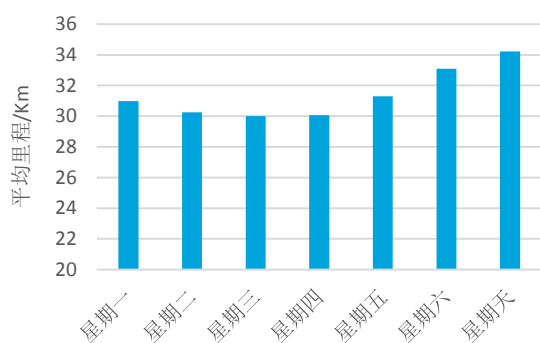


(c) 苏州

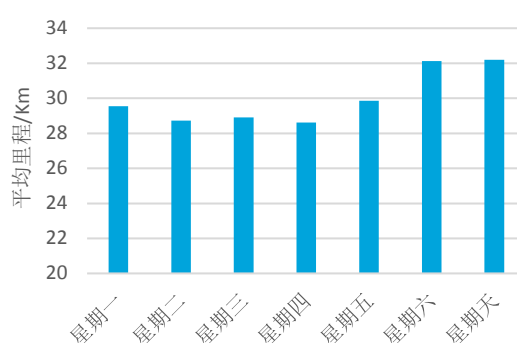


(d) 北京

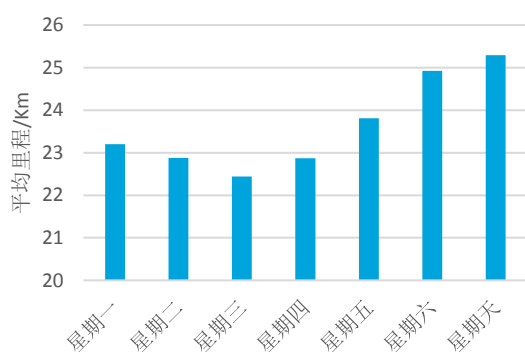
9. 对于本次研究中重点关注的典型城市，其 VKT 在一周内的变化情况均相似，即从周一至周日呈现先下降后上升的态势，说明人们往往会选择周五以及周日出行/回程。



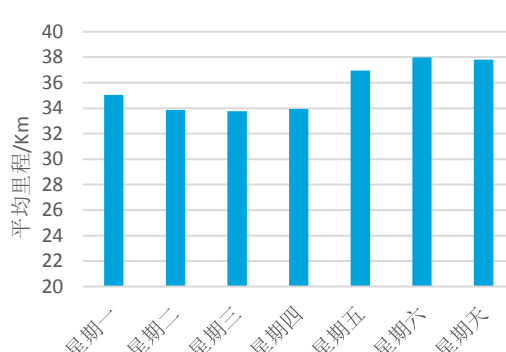
(a) 深圳



(b) 广州

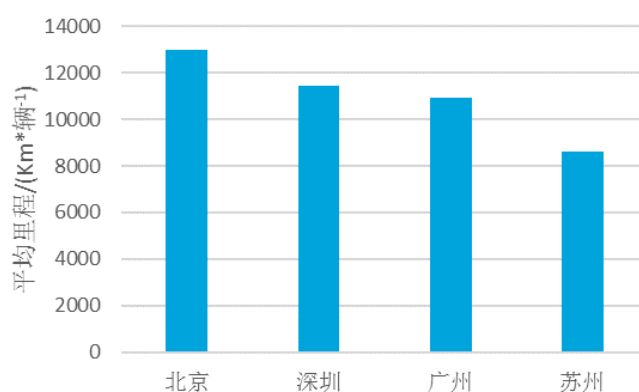


(c) 苏州



(d) 北京

10. 横向对比来看，北京居民 VKT 总量最高，而苏州居民 VKT 总量最低。巨大的城市规模、覆盖率不足的轨道交通和准点率较差的公交系统等是导致北京居民放弃公共交通，选择机动车出行的几大因素。



1. 背景介绍

1.1 车辆油耗差异研究进展

2016 年底，环境保护部与国家质检总局联合发布了《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》（简称“轻型车国六标准”），并在标准中提出由实际行驶污染物排放（RDE）试验取代原 II 型试验⁴，这是中国在机动车油耗和排放领域的首个基于实际驾驶情形的国家标准，也是中国政府对车辆实际污染物排放造假事件的积极反馈。

事实上，车辆实际行驶污染物排放与工况测试条件下污染物排放差异，只是车辆实际运行与工况测试运行差异状况的一种体现，消费者对车辆实际驾驶油耗与标识油耗之间的差异也早有认识。能源与交通创新中心（iCET）在 2013 年对轻型汽车燃料消耗量标识粘贴情况的调研中发现，消费者更愿意通过网络评价或销售人员的介绍了解汽车的实际油耗量，而对官方公布的燃料消耗量数据保持谨慎态度⁵。

目前油耗标识上标注的车辆油耗，是车企根据《轻型汽车燃料消耗量试验方法》（GB/T 19233-2008）所提供的工况条件来测试并申报给主管部门的工况油耗数据。该试验方法在中国的使用，普遍认为存在一些问题：1）试验条件为欧盟开发的 NEDC 工况，与中国本土的路况条件存在较大差异；2）某车型工况油耗是连续几次测试中最优结果的体现，而非一次确定；3）工况条件中的温度、换挡等要求与实际情况存在较大差异，也没有说明不同驾驶习惯的影响（假设地域不同，车主的驾驶习惯存在较大差异）。

意识到 NEDC 工况条件与中国实际道路情况的差异后，中国从 2015 年开始着手研发自己的工况条件，即由中国汽车技术研究中心牵头的“中国新能源汽车产品检测工况研究和开发”项目（CATC，简称“中国工况”）⁶。目前，“中国工况”项目已完成课

⁴ 生态环境部，关于发布国家污染物排放标准《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》的公告（2018-07-11）http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201612/t20161223_369497.htm

⁵ iCET，轻型汽车燃料消耗量标识粘贴情况调研报告，2013.04.
<http://www.icet.org.cn/admin/upload/2015061847871009.pdf>

⁶ 中国汽车检测工况研究和开发项目公共平台（2018-07-15）<http://www.chinacatc.cn/class/view?id=1>

题研究，并即将发布⁷。不过，鉴于国六排放标准中仍采用 WLTC（世界轻型汽车测试规程）工况，iCET 呼吁应尽早实施“中国工况”，确保工况条件的合时性。

iCET 在过去三年不断跟踪中国车队实际油耗与工况油耗差异问题，发现车辆实际油耗与工况油耗差异呈现逐年增大趋势，即年份越新的车型，实际油耗与工况油耗差异越大，这一差异值已从 2008 年的 12% 增加至 2016 年的 31%⁸。其他研究机构也报道过类似的研究结果。清华大学卢笙等人⁹利用 PBD 解码器开展实际道路油耗测试，发现测试车辆在典型工况下的油耗比型式认证油耗平均高出 29.2%；Zhang 等人¹⁰在 2014 年发表的论文显示，测试的汽油车辆在实际道路驾驶中的油耗比 NEDC 工况油耗水平高出 30% 左右；“中国工况”项目组经过大量的测试对比也发现，无论是自然吸气还是增压车型的实际油耗和公告油耗（NEDC 工况油耗）的差异都很明显，其中，轻型车整体差异约为 29%⁴。

同时，通过数据分析和实例跟踪考察，发现车辆实际油耗与驾驶条件紧密相关，这包括人为驾驶因素（如空调使用、车辆负荷、加速调控、胎压等）和外界因素（如路况、外部温度、道路拥堵情况等）。

1.2 车辆油耗差异研究媒介

大数据分析作为当下十分火爆的一种分析模式，通过传感器、网络爬虫等手段采集大量相关数据对目标单位进行多角度的研究和分析，挖掘并探索相关关系和变化趋势。大数据分析最大的优势在于其突破了传统数据分析中的抽样方法，使得分析者能够一目了然地了解样本总体的全部信息和特征¹¹。随着分析工具性能的提高，大数据分析正被不断应用到新的领域。

⁷ CATC 平台，历经三年 中国终于要有自己的汽车测试工况了（2018-07-15）
<http://www.chinacatc.cn/article/content/view?id=371>

⁸ 秦兰芝、Maya Ben Dror、康利平等，乘用车实际油耗与工况油耗差异年度报告 2017。

⁹ 卢笙，吴烨，张少军等，2018. 基于车载诊断系统的轻型乘用车实际道路油耗特征分析. 环境科学学报, 38 (5): 1783-1790.

¹⁰ Zhang SJ, Wu Y, Liu H et al., 2014. Real-world fuel consumption and CO2 emissions by driving conditions for light-duty passenger vehicles in China. *Energy*, 69: 247-257.

¹¹ MIKE2.0, Big Data Definition, http://mike2.openmethodology.org/wiki/Big_Data_Definition

本次报告联合小熊油耗 APP 与智驾行 APP，通过采集车辆匿名驾驶信息，分别提取百万行油耗数据与 VKT 数据，再通过大数据分析对多项指标，如实际油耗与工况油耗的差异值、不同类型车辆的油耗值差异、不同车龄车辆油耗变化趋势等进行重点分析。小熊油耗 APP 是目前国内领先的车辆油耗记录、分析与分享软件，通过车主自愿上传油耗信息，统计车型的实际油耗。自上线以来，小熊油耗 APP 累计下载量达 500 万次，车主油耗记录数据达到 4500 万条，用户遍及全国 31 个省市和地区（表 1）。

表 1 小熊油耗与智驾行 APP 数据库特征

数据特征	小熊油耗 APP	智驾行 App
数据收集周期	2008-2017 年	2015-2017 年
总用户数	1,440,000+	620,000+
覆盖车型品牌数	95	89
覆盖车型数	13,036	4,142
总记录里程 (km)	166 亿	> 2.88 亿
覆盖车型级别数	10	16
车型年款	2008-2017 年款	
数据输入量	>4500 万条	>3000 万条
车辆信息	品牌、车型、车系、发动机排量、燃油类型、变速器形式、车型平均油耗、车型平均记录里程	品牌、车型、车系、发动机排量、燃油类型、变速器形式、工况油耗、实际油耗、行驶速度
用户数据	记录里程数、累计油耗	每个用户平均油耗数据与平均行驶里程数据
行程数据	平均单日行程距离	起讫点、行程时间

OBD 设备自 20 世纪 60 年代被开发以来，最初被用于故障报告，但并不能提供关于故障的详细信息，在之后的近 50 年里 OBD 设备不断更新和发展，使其成为行业内监测车辆状态、掌握车辆实时信息的一种重要手段和工具。图 1 OBD 设备发展历程展示了自 20 世纪 60 年代以来 OBD 的主要发展历程，在 21 世纪初 OBD 设备开始逐渐进入我国市场，2005 年 4 月原国家环保总局颁布了《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国 III、IV 阶段）》(GB18352.3-2005)，正式设定了对 OBD 设备的安装和使用要求；从 2008

年起强制实行《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车诊断(OBD)系统技术要求》，要求符合一定标准的轻型乘用车必须安装 OBD 系统用以监测车辆运行情况。因此目前国内绝大部分在用机动车均配备有 OBD 设备接口，以便安装 OBD 设备进行检测。

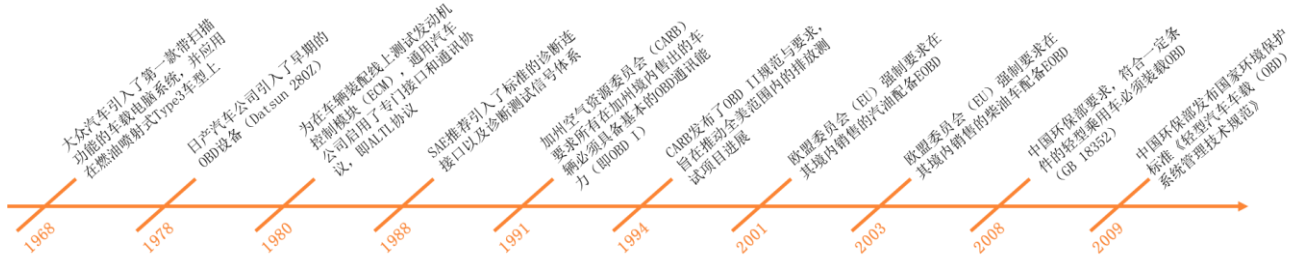


图 1 OBD 设备发展历程¹²

在本报告中，OBD 设备将被用于检测和记录典型城市内样本车辆的运行里程和运行状态，包括实时油耗、实时车速等。本次报告主要针对不同类别的样本车辆，通过计算其平均油耗，研究、总结其中的相关规律并分析当前我国多个代表性城市的机动车油耗变化趋势。在计算平均油耗的过程中，不同的计算方法将会带来一定的误差和系统差异（计算细节参见第 2 章方法学部分），不过当样本容量足够大时偶然性误差将会被（部分）抵消。

本报告 OBD 内容部分为基于 2017 年“智驾行 APP” OBD 数据的最新跟踪报告，将来将会探究更多基于 OBD 数据的研究维度和方法，进一步拓展报告内容。

本年度在继续跟踪车辆实际油耗与工况油耗差异的同时，还将对车辆日常出行模式（主要是行驶里程数据，VKT）进行分析，探讨车辆 VKT 与实际油耗之间的可能关联，以及不同维度的车辆 VKT 变化，丰富车辆出行规律研究内容。

¹² 秦兰芝、Maya Ben Dror、康利平等，基于 OBD 数据简析车辆实际油耗与综合工况油耗差异——北京案例分析，2017

2. 基础数据情况

2.1 基础油耗数据

本报告中基础油耗数据是指基于 NEDC 工况测试条件得到的车辆工况油耗，也是目前汽车燃料消耗量标识中所公示的标识油耗数据。工况油耗数据根据 GB/T 19233-2008《轻型汽车燃料消耗量试验方法》测定，包括市区、市郊、综合三种工况的燃料消耗量，且该测试需在由工信部授权的国家级汽车检测机构内进行¹³。

燃料消耗量试验由汽车制造商或代理商将一辆被检车提交给负责型式试验的检测机构，通过测定汽车在模拟市区和市郊工况下的二氧化碳（CO₂）、一氧化碳（CO）和碳氢化合物（HC）排放量，并用碳平衡法计算燃料消耗量。对于 M1 类车辆，如果检测机构测量计算的燃料消耗量综合值与制造厂申报的综合值之差在 4% 以内（含 4%），则将申报综合值作为型式认证值¹⁴。现行的工况测试信息如图 2 和表 2 所示。

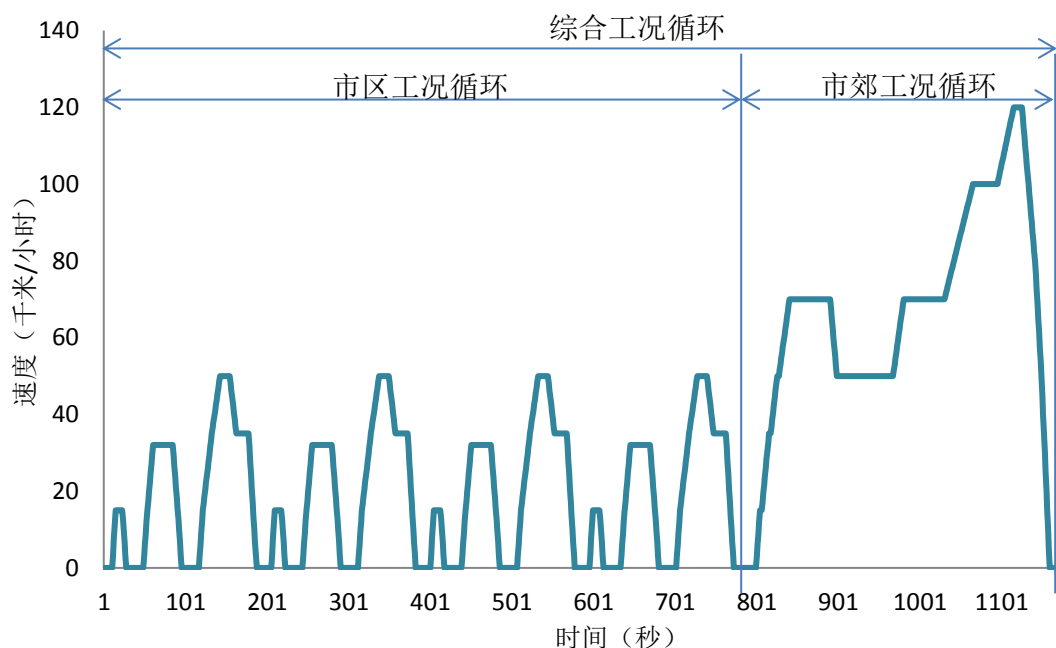


图 2 中国油耗测试循环工况示意图

¹³ 工业和信息化部授权的国家级汽车检测机构及能力. 中机中心. (2017-06-28)

<http://www.cvtsc.org.cn/cvtsc/zhxx/572.htm>

¹⁴ 轻型汽车燃料消耗量试验方法(2017-06-28). <http://chinaafc.miit.gov.cn/n2257/n2340/c79073/content.html>

表 2 中国油耗测试循环工况数据表

测试项目	市郊工况	市区工况	综合工况	测试时间比例
怠速（秒）	40	240	280	24%
车辆减速、离合器脱开	10	36	46	4%
换挡（秒）	6	32	38	3%
加速（秒）	103	144	247	21%
等速（秒）	209	228	437	37%
减速（秒）	32	100	132	11%
最大车速（千米/小时）	120	50	N/A	N/A
平均速度（千米/小时）	62.6	19	33.8	N/A
最大加速度（迈/秒）	3.7	3.0	3.2	N/A
平均加速度（迈/秒）	1.4	2.7	2.2	N/A

官方公布的车辆油耗数据均为依据上述工况循环条件测试得到的工况数据，包含市区、市郊和综合工况三类数据，本研究所指工况油耗数据分为综合工况。工况油耗数据来源于中国汽车燃料消耗量查询系统¹⁵，查询页面如图 3 所示。



图 3 中国汽车燃料消耗量查询系统网站示意图

¹⁵ 中国汽车燃料消耗量查询系统（2018-07-15）<http://chaxun.miit.gov.cn/asopCmsSearch/>

由于难以收集到有效的相关信息，iCET 内部对可能增加实际油耗与工况油耗差距的测试条件进行了简单的梳理（见表 3），研究者可以从这些变量着手，进一步分析造成实际油耗与工况油耗差异的原因。

表 3 现行油耗测试循环工况要求

试验条件	相应要求*
试验方式	试验室 底盘测功机
试验循环	NEDC 工况循环
最大测试速度	120km/h
最大测试加速度	3.7(km/h)/s
怠速比	24%
车辆重量	整备质量+100kg
测试处理温度	20-30°C
试验车辆的行驶里程数（测试前）	3000~15000km
车辆电池状态	满电
空调状态	关闭
胎压	按照车辆制造厂根据试验负荷和车速所推荐的压力进行充气
换挡要求	依据测试条件要求

* 注：一些宽松的要求可能造成实际油耗与工况油耗之间的差异。

不过，随着“中国工况”项目的快速推进，中国很快将有自己的工况测试条件。据项目负责人介绍，中国工况涉及面很广，在数据采集过程中，综合考虑了人口、汽车保有量、GDP 等多项指标以及我国各典型城市、地区地理和气候特点，来选择数据采集城市。同时，在研究阶段，项目组还把采集到的数据与网络交通大数据和百度 GIS 交通量大数据进行对比，力求中国工况更符合中国实际交通情况¹⁹。

2.2 VKT 研究进展

车辆行驶里程 VKT（Vehicle Kilometers Travelled），国外多称 VMT（Vehicle Miles Travelled），是研究车辆运行特征的重要参数之一。车辆用途、使用频率、所在地域特

¹⁹ CATC 平台，中国自己的汽车测试工况（2018-07-19）。<http://www.chinacatc.cn/article/content/view?id=366>

征等多种因素的差异，导致不同车辆乃至同一车辆的单次行程 VKT 差异很大，缺乏对比性。所以，目前的 VKT 研究多以样本调研分析为主要手段，重点考察某一类车型群体以及整体车队的年（日）均行驶里程。由于本报告的主要考察对象为乘用车（尤其是私家车），因此本节将着重讨论乘用车 VKT 研究进展。

2.2.1 中国情况

(一) 全国范围 VKT 研究进展

国内方面，关于车辆 VKT 的系统研究仍比较缺乏，主要研究群体为国家及地方上的交通研究部门和学术机构。Huo 等人²⁰基于典型城市已有 VKT 数据，并结合随机抽样调查结果，得到了 2002-2009 年中国轻型汽车（Light-duty Vehicles, LDV）年均行驶里程数据，见表 4。可以看出，2002-2009 年间，我国轻型汽车的年均 VKT 呈现逐年下降趋势，其中，私人 LDV 年均 VKT 水平的年均降幅约为 1.3%。

表 4 2002-2009 年我国轻型汽车年均 VKT 水平（km）

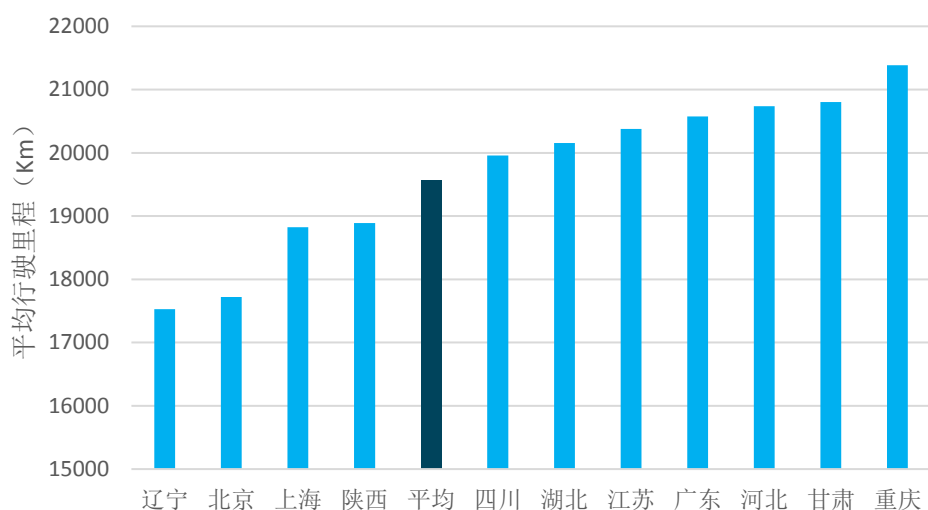
年份	私人 LDV	整体 LDV
2002	18500	22400
2003	18400	21800
2004	18200	21500
2005	18000	21100
2006	17900	20900
2007	17500	20700
2008	17200	20300
2009	16900	19400

数据来源：(Huo et al., 2012)

中国汽车技术研究中心数据资源中心针对 2013 年的乘用车和商用车年行驶里程进行过系统全面的调查，其中，对乘用车 VKT 的调查还充分考虑了车辆种类和行驶区域，数据主要来源于重点企业 4S 店销售和维修记录，调查结果见图 4。最终，经专家修正得

²⁰ Huo H, Zhang Q, He KB et al., 2012. Vehicle-use intensity in China: Current status and future trend. *Energy Policy*, 43: 6-16.

到 2013 年全国乘用车年均行驶里程约为 19000 Km²¹。小熊油耗 APP 也对 2017 年用户平均里程的统计调查显示,全国车主行驶里程平均值为 14755 Km,中位数为 12645 Km²²。



数据来源: 中国汽车技术研究中心《中国节能与新能源汽车发展年报告 2017》

图 5 2013 年私人乘用车分地域行驶里程情况

(二) 地方 VKT 研究进展

2016 年北京市交通部门发布的全市第五次综合交通调查结果显示,小汽车出行比例在历次综合调查中首次出现下降,不过工作日每辆车的平均行驶里程仍为 41.5 km²³,高于世界同等城市的小汽车使用强度。在此之前,北京交通发展研究中心通过小样本调查得到的数据显示,2015 年北京市私家车工作日每日出行次数平均达到 3.01 次,年平均行驶里程为 12566 km²⁴,而在 2011 年,该数据约为 15000 km²⁵,表明北京市车辆限行政策的出台在一定程度上降低了私家车的使用强度,但降幅有限。

²¹ 中国汽车技术研究中心,中国节能与新能源汽车发展研究报告(2017)。

²² 小熊油耗,首次发布——小熊油耗车主 2017 年度用车里程报告, <https://zhuanlan.zhihu.com/p/43119608>

²³ 中华人民共和国中央人民政府网,北京市第五次综合交通调查结果出炉 小汽车出行比例首次下降 (2016-07-19) http://www.gov.cn/xinwen/2016-07/07/content_5089031.htm

²⁴ 北京交通发展研究院,2016 北京市交通发展年度报告。

http://www.bjtrc.org.cn/InfoCenter/NewsAttach/2016%E5%B9%B4%E5%8C%97%E4%BA%AC%E4%BA%A4%E9%80%9A%E5%8F%91%E5%B1%95%E5%B9%B4%E6%8A%A5_2016120124122244.pdf

²⁵ 中国经济网,北京私家车年均行驶 1.5 万公里 使用强度过高 (2016-07-19)

http://www.ce.cn/macro/more/201111/10/t20111110_22829204.shtml

上海海事大学交通运输学院和上海市城市交通规划研究所在 2006 年发表的“上海市小汽车出行成本研究”中引用的数据显示²⁶，上海市小汽车单次行驶里程平均为 19.7 km，私家车日均出行次数约为 2.43 次，计算折合得到上海市私家车在 2006 年的年均行驶里程约为 17608 km，与上述全国平均 VKT 较为接近。

2.2.2 国外情况

国外关于车辆 VKT 的研究起步较早，研究范围也更为广泛，除了分析各国平均单车年（日）VKT 外，还更加关注人均汽车驾驶里程（VMT per capita）。

（一）美国

美国是汽车大国，无论是汽车总保有量还是人均拥有量都高居世界首位。2016 年美国人均汽车拥有量为 0.766 辆，家庭汽车拥有量达到 1.968 辆，人均驾驶里程和家庭平均驾驶里程则分别为 8819 英里（14110 km）和 22649 英里（36238 km）²⁷，远高于中国平均水平。美国联邦高速公路管理局（FHWA）的跟踪数据表明，从 1985 年到 2015 年，美国人均驾驶里程从 7500 英里（12000 km）左右增加至 9400 英里（15040 km），并于 2004 年前后达到峰值²⁸。

来自 FHWA 的另一项数据²⁹显示，截至 2015 年 6 月，美国小汽车年均行驶里程为 11244 英里（17990 km），轻型汽车年均行驶里程为 11346 英里（18153 km），其他各

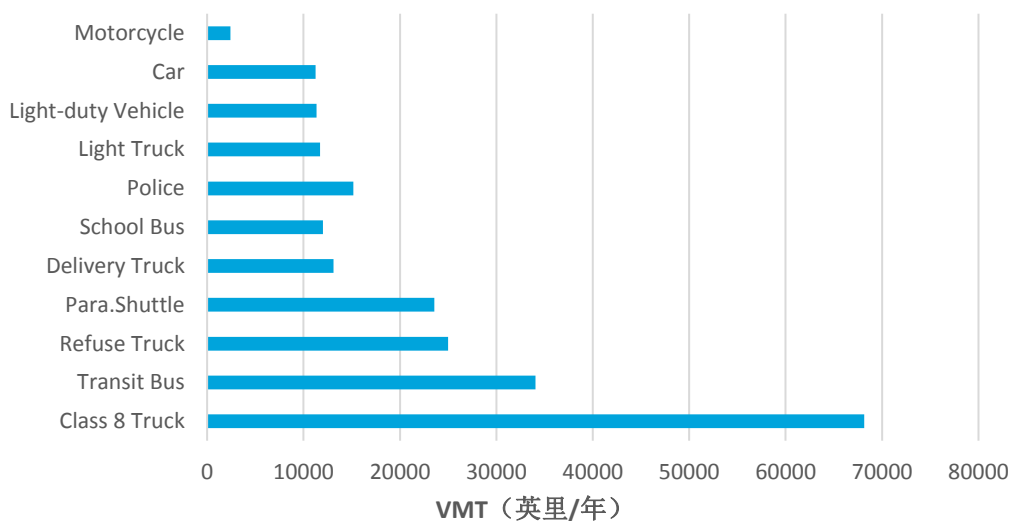
²⁶ 王正，施文俊，孙磊等，2007. 上海市小汽车出行成本研究. 第十六届海峡两岸都市交通学术研讨会论文集，252-259.

²⁷ 网易汽车，人均拥有 0.766 辆汽车 美国汽车拥有量增长创新高（2018-07-20）
<http://auto.163.com/18/0125/07/D8VRECD1000884MM.html>

²⁸ Circella G, 2015. Factors affecting passenger travel demand in the United States.

²⁹ Federal Highway Administration, Average Annual Vehicle Miles Travelled of Major Vehicle Categories (2018-07-20). <https://www.afdc.energy.gov/data/10309>

类汽车年均行驶里程如图 6 所示。



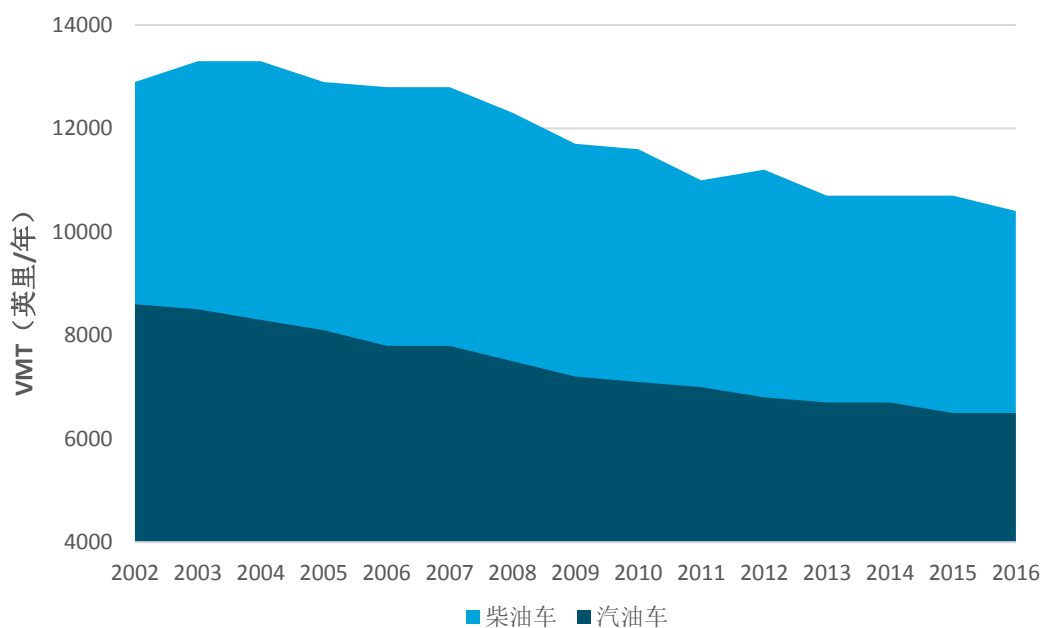
注：该图数据最后更新时间为 2015 年 6 月

图 6 美国各类汽车年均行驶里程情况

(二) 英国

英国交通部门的数据³⁰显示，由于家庭平均汽车拥有量的上升，从 2002 年至 2016 年，英国汽车单车年均行驶里程从 9200 英里(14720 km)下降至 7800 英里(12480 km)。但这主要是受商务和私人出行里程下降的影响，居民平均通勤里程在此期间仍保持相对稳定趋势。图 7 显示了英国汽油车和柴油车年均行驶里程在 2002-2016 年间的变化趋势，可以看出，这段时间内，汽油车和柴油车年均行驶里程均呈现下降趋势，且汽油车年均行驶里程约为柴油车的 62%。

³⁰ GOV.UK. Vehicle mileage and occupancy tables (NTS09), produced by Department for Transport.
<https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/nts09-vehicle-mileage-and-occupancy#table-nts0901>



数据来源: National Travel Survey: England 2016.

图 7 2002-2016 年间英国主要汽车类型年均行驶里程变化趋势

(三) 其他国家

表 5 总结了日本、法国、德国、加拿大和墨西哥 5 个国家人均 VKT 和单车 VKT 情况，由于不同国家可获得数据不同，5 个国家 VKT 的收集时间略有差别，但仍能反映不同国家和地区在 VKT 方面的差异。

人均 VKT 方面，德国和法国均超过 6500 km/人/年，远高于其他 3 个国家，墨西哥人均 VKT 仅为 815 km/人/年，在 5 个国家中排名最末。单车 VKT 方面，日本则与墨西哥相当，在 5 个国家中排名最后，法国单车 VKT 是日本的 2.64 倍，排在首位。

表 5 其他国家人均 VKT 和单车年均 VKT 对比

	日本 (2006)	法国 (2007)	德国 (2005)	加拿大 (2007)	墨西哥 (2007)
人均 VKT (km/人/年)	1685	6541	6939	4296	815
单车 VKT (km/车/年)	5163	13648	12416	11729	5170

数据来源: "World Road Statistics -2009" International Road Federation

3. 实际油耗与工况油耗差异研究

本年度将从国家和地方城市两个层面来梳理乘用车实际油耗与工况油耗差异（下文简称“油耗差异”）情况，由于数据可及性、丰富度和适用性原因，用于两个层面分析的数据源可能会有所不同，下文将对各数据源进行逐一说明。

本报告中所指实际油耗与工况油耗差异值，通过下面的公式计算而得：

$$\text{油耗差异} = \text{车型（队）实际油耗值} / \text{车型（队）综合工况油耗值} * 100\% \quad (1)$$

3.1 数据提供方简介

小熊油耗 APP 是中国极具竞争力和标杆性质的车辆实际油耗跟踪记录软件，根据车主自愿上传的加油信息计算得到车辆的实际油耗数值。通过实际油耗记录，分析和对比不同车型乃至同一车型（车主）在不同地区、不同时间段的实际油耗情况，小熊油耗为汽车爱好者提供了车辆油耗交流的平台，影响了包括消费者、车辆制造商及政策制定者等不同层级人群的决策。自上线以来，小熊油耗 APP 累计下载量达 500 万次，覆盖近万车型，活跃车主累积记录里程超过 200 亿公里，车主油耗记录数据达到 4500 万条，用户遍及全国 31 个省市和地区。

自 2015 年至今，iCET 已连续四年与小熊油耗联手推出乘用车实际油耗与工况油耗差异分析报告，研究结果在行业内部反响强烈。随着小熊油耗 APP 应用的不断拓展，可用于该分析的实际有效数据量逐年增加，分析结果也更加科学可靠。至此，小熊油耗数据陆续得到了更多研究机构的重视，平台也先后与清华大学³¹、³²、国际清洁交通运输委员会（ICCT）³³以及高德大数据研究团队³⁴展开合作。

³¹ Zhou B, Zhang S, Wu Y et al, 2018. Energy-saving benefits from plug-in hybrid electric vehicles: perspectives based on real-world measurements. *Mitigation and Adaption Strategies for Global Change*, 23(5): 735-756. <https://doi.org/10.1007/s11027-017-9757-9>

³² Ke W, Zhang S, He X et al., 2017. Well-to wheels energy consumption and emissions of electric vehicles: Mid-term implications from real-world features and air pollution control progress. *Applied Energy*, 188: 367-377. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.12.011>

³³ From Laboratory to Road International. ICCT. (2018-08-07) http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Lab-to-road-intl_ICCT-white-paper_06112017_vF.pdf

³⁴ 2017 Q1 中国主要城市交通分析报告. 高德地图 (2018-08-07). http://cn-hangzhou.oss-pub.aliyun-inc.com/download-report/download/quarterly_report/17Q1/2017Q1%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E4%B8%BB%E8%A6%81%E5%9F%8E%E5%B8%82%E4%BA%A4%E9%80%9A%E5%88%86%E6%9E%90%E6%8A%A5%E5%91%8A-final.pdf

3.2 数据代表性

小熊油耗 APP 的样本车型主要集中于中小型轿车和 SUV、MPV 几类，与中国过去十年左右的车型销售情况基本符合：小型车用户占比不断下降，2008 年款小型车用户量占比为 25.5%，2017 年款的这一比例已降至不足 5%；紧凑型车用户占比虽略有下降，但基数十分庞大，仍是用户分布最为集中的类别；SUV 用户量急剧上升，整体占比从 2008 年款的 7.1% 增加至 2017 年款的 46.5%，年均增幅超过 4%；MPV 和中型轿车用户占比则保持持续波动稳定状态。

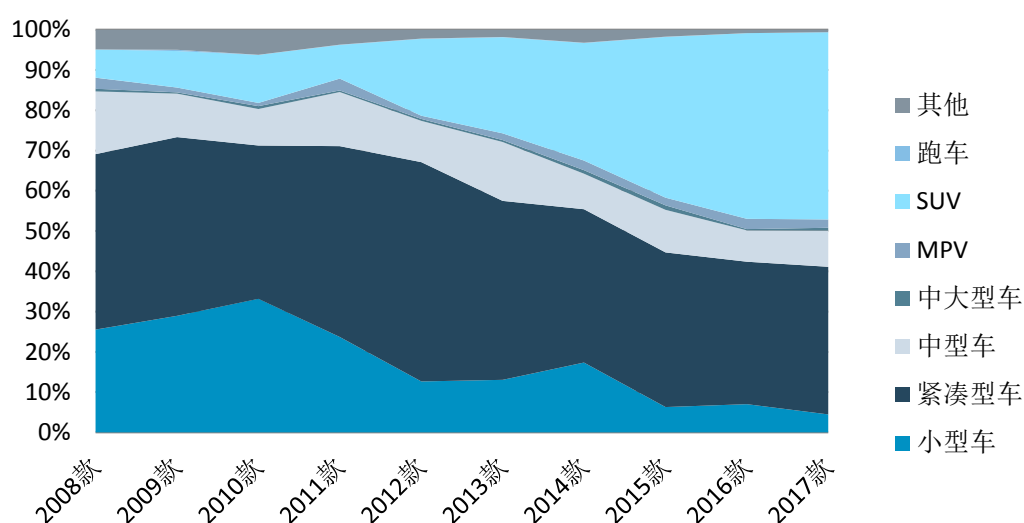
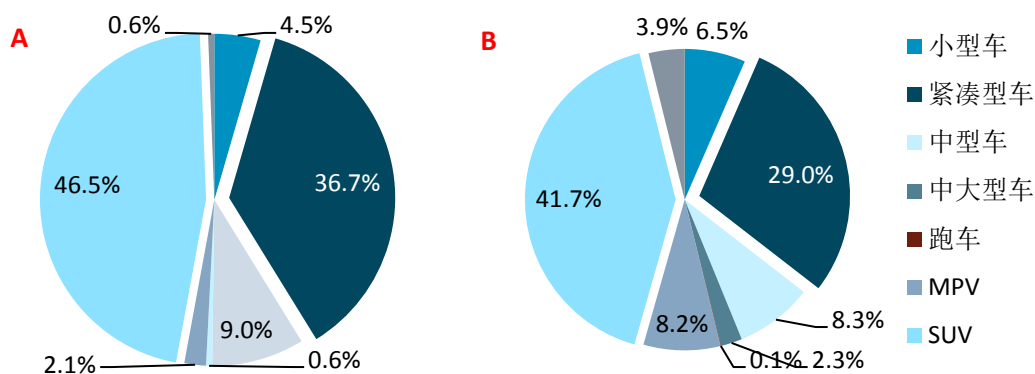


图 8 2008-2017 年款各类车型用户占小熊油耗总用户量比例的变化趋势

以 2017 年款车型为例，小熊油耗 APP 用户中，MPV、小型车和中型车用户占比分别为 2.1%、4.5% 和 9.0%，SUV 和紧凑型车用户占比高达 46.5% 和 36.7%。而当年乘用车销量数据显示，MPV、小型车和中型车市场份额分别为 8.2%、6.5% 和 8.3%，SUV 和紧凑型车市场份额则分别达到 41.7% 和 29.0%。可以看出，小熊油耗 APP 中，小型、中型车以及 SUV 用户占比十分接近市场真实份额，MPV 和紧凑型车用户占比则与实际市场份额有一定差异。



注：A 图表示小熊油耗 APP 2017 年款各类别车型用户占比分布；

B 图表示 2017 年度全国各类别乘用车销量占比。

图 9 2017 年小熊油耗用户分布与当年全国乘用车销量分布对比

3.3 油耗数据采集

小熊油耗 APP 通过记录加油量及行驶里程进行计算，以加满油箱或油量告警灯亮标记加油量与行驶里程，车主在加油时可选填油量（L）、单价（元/L）和金额（元）三个参数中的任意两个（或全部），通过前后两次记录，APP 可计算出车辆在一段时间内的实际油耗水平，具体演示见图 10。

某车主在 5 月 21 号加油时，加油量为 60L，之前累计行驶里程为 4236 公里，6 月 6 号因加油指示灯亮而再次去加油，此时里程表示数为 5041 公里，说明该车主在这段时间内驾驶（5041-4236）805 公里共使用 60L 汽油，因此，该车辆此段行程的

$$\text{平均实际油耗} = 60 / (5041 - 4236) \times 100 = 7.45 \text{ (L/100km)}$$

用户通过 APP 可跟踪并实时查看车辆的实际油耗变化情况，同时小熊油耗网站还免费发布各个车型的实际油耗均值，用户可基于此了解自己车辆的实际油耗与平均水平之间的差异。

取消

油耗记录

保存

日期时间2017/05/21 13:30

当前里程4236

油量 (L) x

单价 (元/L) =

金额 (元)

60

6.64

398.40

油灯亮了

油箱加满

上次忘记

标号95#汽油

加油站请选择加油站

请编辑备注

取消

油耗记录

保存

日期时间2017/06/06 16:29

当前里程5041

油量 (L) x

单价 (元/L) =

金额 (元)

60

6.76

405.60

油灯亮了

油箱加满

上次忘记

标号95#汽油

加油站请选择加油站

请编辑备注

图 10 小熊油耗 APP 实际油耗计算过程演示

3.4 数据筛选

由于车辆实际油耗与多方面因素相关，不同用户上传的数值需要经过筛选后才能作为有效数据进行下一步分析。在小熊油耗 APP 样本数据选择上，依据以下原则进行筛选（根据小熊油耗数据统计原则，每个有效样本至少包含 3 次用户输入）：

- 筛除样本量低于 20 的样本车型
- 筛除信息不全的车型信息，如，某些车型可能缺少工信部工况油耗数据，对这类车型则无法进行油耗差异分析计算，以保证样本的可靠性
- 选取车型平均油耗两倍方差范围作为有效数据（参见“名词解释”）

一般来说，有效数据量占原数据量的比例可达 85%以上。数据量方面，2008-2017 年款样本数据中，小熊油耗 APP 有效车型样本量占当年乘用车新车销量的平均比例达 0.62%，因此他们提供的实际油耗数据也将能更好代表车辆使用的真实情况。下文所引用数据统一指代经筛选后的有效数据，所有结果亦基于有效数据分析得出。

表 6 小熊油耗 APP 实际油耗有效样本量及其占当年乘用车销量的比例

车型年份	样本量	占当年乘用车销量比
2008 款	24724	0.37%
2009 款	34682	0.33%
2010 款	47913	0.42%

2011 款	71586	0.49%
2012 款	103044	0.66%
2013 款	162593	0.91%
2014 款	142525	0.72%
2015 款	167215	0.79%
2016 款	225032	0.92%
2017 款	147533	0.60%
合计	1126847	

3.5 研究结果与分析

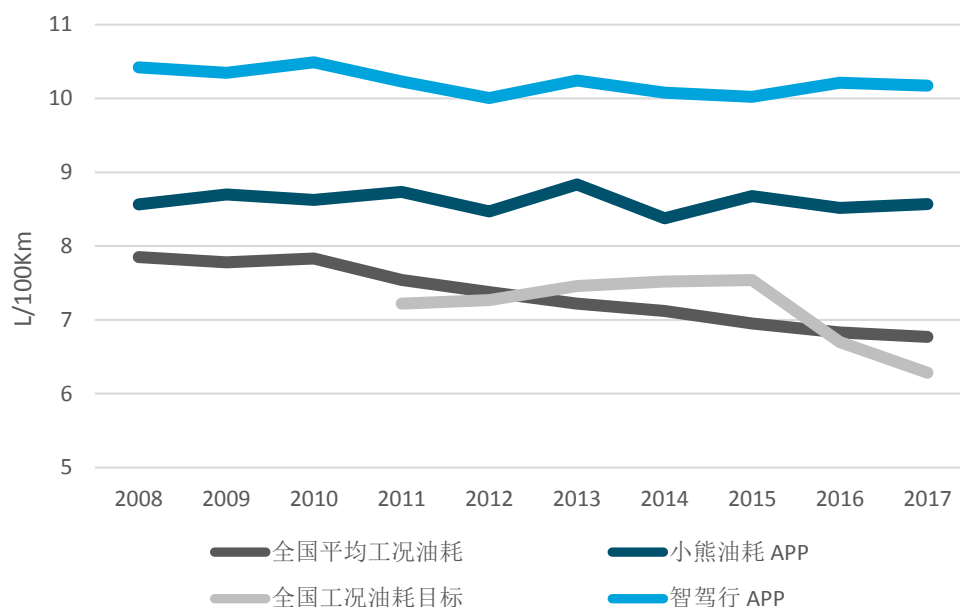
通过连续三年的研究分析，我们已经证明无论是在单个车型层面，还是在整体车队层面，车辆油耗差异均是一个客观存在且不可忽视的问题，充分认识并合理把控，才能促进社会环境健康目标的实现。

为此，本年度报告中，我们将着重跟踪车队整体油耗差异变化趋势，并针对分析结果提出合理化政策建议，使公众正视该问题的存在，并尽量降低该问题对社会环境效益的影响。

(一) 实际油耗与工况油耗历年发展趋势

实际油耗与工况油耗历年趋势能够反映车辆实际驾驶情况对油耗水平的影响，以及油耗标准历年的发展。图 11 显示了 2008-2017 年款小熊油耗有效样本车型实际油耗均值与全国乘用车 CAFC 变化情况。

2008-2017 年款车型实际油耗均值从 8.57 L/100km 几经波动，最终依然停留在该水平上；而这十年间，全国乘用车 CAFC 水平已由 7.85 L/100km 降至 6.77 L/100km 水平，年均降幅接近 1.4%。同时，2008 年款车型实际油耗与综合工况油耗差值仅为 0.72 L/100km，而 2017 年款车型的这一差值增加自 1.80 L/100km。究其原因，一方面为实现汽车行业节能降耗目标，工况油耗逐年下降，另一方面车辆实际油耗却由于内外多种原因迟迟难以下降，且随着车辆保有量基数的增加，造成整体车队实际排放量有增无减。



注：1）实际油耗均值为 2008-2017 年款小熊油耗有效样本车型实际油耗与样本量的加权平均值；

2）综合工况油耗均值为 iCET 核算的历年企业平均燃料消耗量数据（即 CAFC），且不含电动车优惠核算部分。

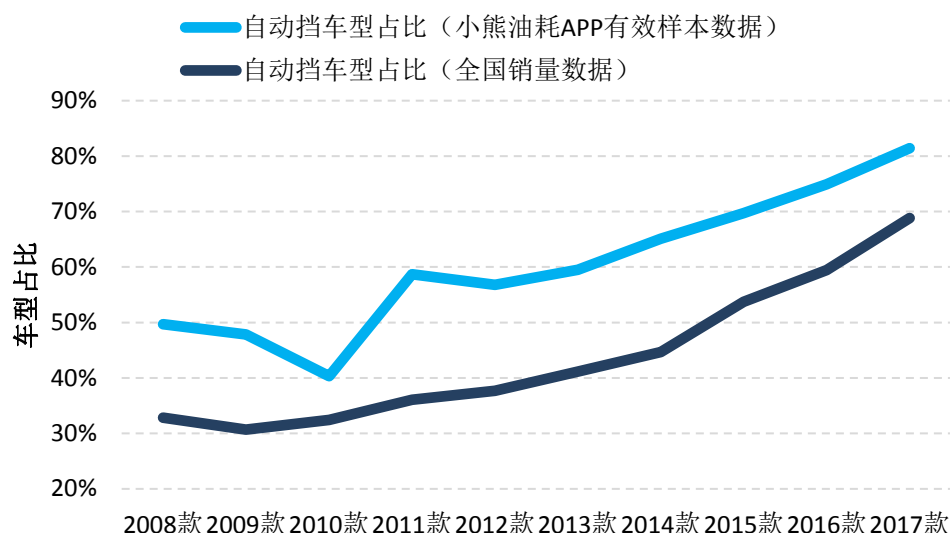
图 11 2008-2017 年款车型实际油耗与全国乘用车综合工况油耗均值变化趋势

(二) 基于变速器类型的车型油耗差异

手动变速器，也称手动挡（MT），即用手拨动变速杆才能改变变速器内的齿轮啮合装置，改变传动比，从而达到变速的目的。与之对应，自动挡（AT）变速箱则是通过液力传递和齿轮组合的方式来达到变速变矩目的。目前，自动变速箱演化出了很多细分种类，如 AT，CVT，DCT(DSG)以及 AMT 等，下文中我们统一将这类自动挡变速器称为 AT。

AT 免除了手动变速器繁琐、频繁的换挡操作，使开车变得省事省力，经过多年发展，AT 技术已经愈发成熟，生产成本越来越低，在新车销售中的比例也逐年攀升。

图 12 比较了 2008-2017 年款新车车型中 AT 车型在小熊油耗样本库与全国实际销量中的占比情况。AT 车型市场份额在过去十年间翻了一倍多，从 32.8%增至 68.8%，且呈现出平稳上升趋势。在小熊油耗样本库中，该比例从 2008 年款的 49.7%增长至 2017 年款的 81.4%，增幅也接近 64%。不过，小熊油耗样本库中 AT 车型的占比始终高于全国实际销量情况，且两者之间的差异维持在一个相对稳定的区间内。



注：AT 车型在全国乘用车销量中的占比数据为 iCET 通过公开数据整理而得。

图 12 2008-2017 新车车型中 AT 车型占比(小熊油耗有效样本与全国销量数据对比)

AT 车型的缺点也较为明显，即对速度变化反应慢，换挡顿挫感明显，挡位越多体积越大，具有一定局限性³⁵。因此，AT 与 MT 车型可能表现出不同的油耗差异情况，并进而影响整体车队的油耗差异水平。

图 13 展示了 2008-2017 年款车型油耗差异变化趋势，其中，某一年款车型油耗差异是指该年款所有车型自购买至 2017 年底的油耗差异均值³⁶。结果表明，十年间，车队整体油耗差异水平由 112%增至 130%，AT 车型油耗差异则从 118%增加至 132%，始终高于整体车队水平，而 MT 车型油耗差异则从 106%增至 123%，增幅超过 AT 车型。

³⁵ 搜狐汽车，自动挡变速箱面面观 AT、CVT、DCT、AMT 都是什么（2018-08-14）
http://www.sohu.com/a/150223116_216078

³⁶ 样本量与油耗差异加权平均值。

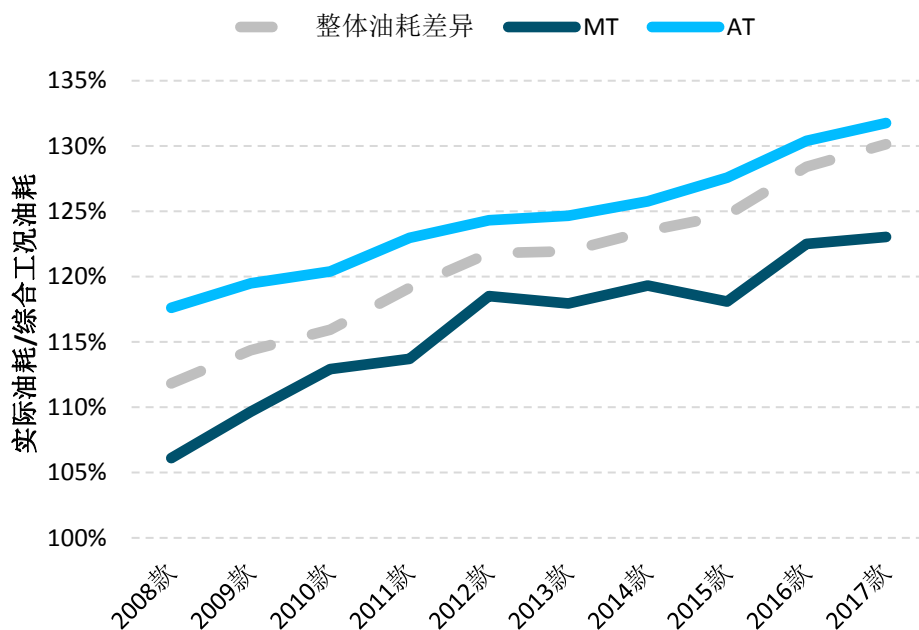


图 13 2008-2017 年款新车车型油耗差异变化趋势

根据上文的分析，AT 和 MT 车型具有不同的油耗差异分布，同时小熊油耗样本库中 AT 车型占比明显高于全国实际情况，那么可以推断，基于小熊油耗样本库的车型整体油耗差异值与全国实际情形也会有一定出入。为此，以全国范围内 AT/MT 车型占比替代小熊油耗样本库中对应车型的占比数据，可对 2008-2017 年款车型整体油耗差异进行校正，校正公式如下：

$$S_2 = S_{AT1} \times \alpha_{AT2} + S_{MT1} \times (1 - \alpha_{AT2}) \quad (2)$$

其中， S_2 为校正后油耗差异结果； S_{AT1} 为基于小熊油耗有效样本车型核算得到的 AT（自动挡）车型油耗差异结果； S_{MT1} 为基于小熊油耗有效样本车型核算得到的 MT（手动挡）车型油耗差异结果； α_{AT2} 为 AT（自动挡）车型全国范围内占比结果，据此校正后得到如图 14 所示的结果。

校正后的车型整体油耗差异略低于小熊油耗样本分析结果，2017 年款新车油耗差异为 129%。不过，由于十年来 AT 车型市场份额增长显著，且小熊油耗样本库也反映出了一致的 AT 车型占比走势，校正后的油耗差异情况与小熊油耗样本分析结果仍十分接近。

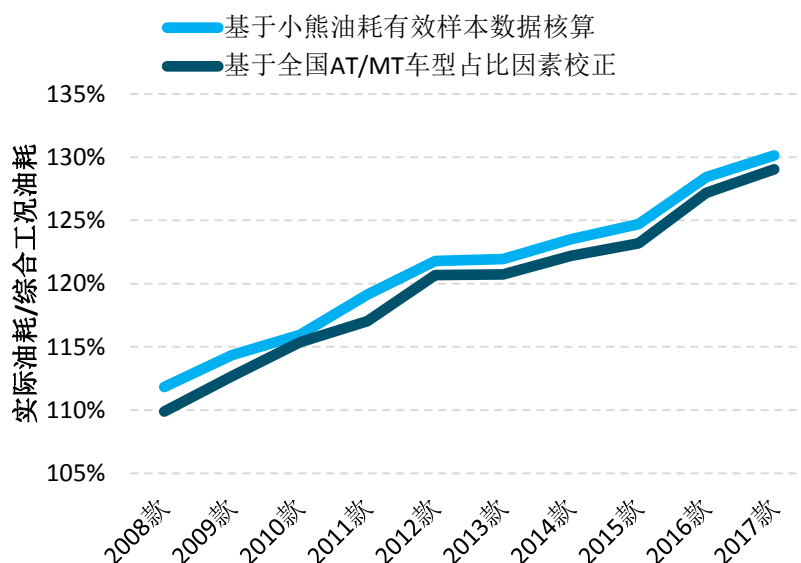


图 14 基于全国实际 AT/MT 车型占比对小熊油耗样本车型整体油耗差异的校正结果

(三) 基于车型类别的油耗差异

(1) 整体情况

不同车型按照轴距、车身、发动机排量等参数可划分为多种类别，本小节参考新浪汽车网站³⁷对车型类别进行划分，并对具有一定样本量规模的六大类车型，即小型、紧凑型、中型、中大型、MPV 和 SUV，进行油耗差异分析。其中，小型车类别中包含微型车。值得注意的是，每个类别车型的数据样本量均不同（具体样本量可参考图中注释），一般样本量越大的车型类别，其统计分析结果也越具有说服力。小熊油耗 APP 自 2008 年开始上线，通过数据样本考察发现，多个车型类别 2010 之前的年款，其样本量不足以支撑大数据分析，因此本节中仅对 2010-2017 年款的各类别车型油耗差异进行趋势分析。

具体结果如图 15 所示，可以看出：1)MPV、中大型车和小型车油耗差异增加最少，其中，MPV 和中大型车八年间油耗差异增值均低于 10%，但是中大型车历年的油耗差异绝对值在所有车型中最高；2) 中型车油耗差异增加最多，八年间中型车整体油耗差异从 119%升至 134%，增加了 15%，同时，中型车历年的油耗差异绝对值也仅次于中大型车，为六个车型中的第二高；3) 作为目前中国汽车市场销量增长最快的车型类别，SUV 车型油耗差异在过去四年实现连增长，年均增加 2%，2017 年款新车车型油耗差异达到

³⁷ 新浪汽车 <http://auto.sina.com.cn/>

130%。) MPV 车型实际油耗绝对值为六个车型类别中最低, 且 2015-2017 年款新车车型油耗差异稳定在 121%水平线。

表 7 2010-2017 年款各类车型油耗差异对比

类别/ 年份	2010 款	2011 款	2012 款	2013 款	2014 款	2015 款	2016 款	2017 款	年均 增加	8 年累 计增加
小型	117%	118%	120%	121%	123%	124%	125%	128%	1.4%	11%
紧凑型	115%	118%	122%	120%	126%	124%	129%	129%	1.8%	14%
中型	119%	124%	121%	129%	124%	127%	127%	134%	1.9%	15%
中大型	122%	130%	133%	130%	131%	125%	131%	131%	1.1%	9%
SUV	117%	118%	123%	124%	122%	125%	129%	130%	1.6%	13%
MPV	114%	117%	119%	118%	114%	121%	121%	121%	0.9%	7%

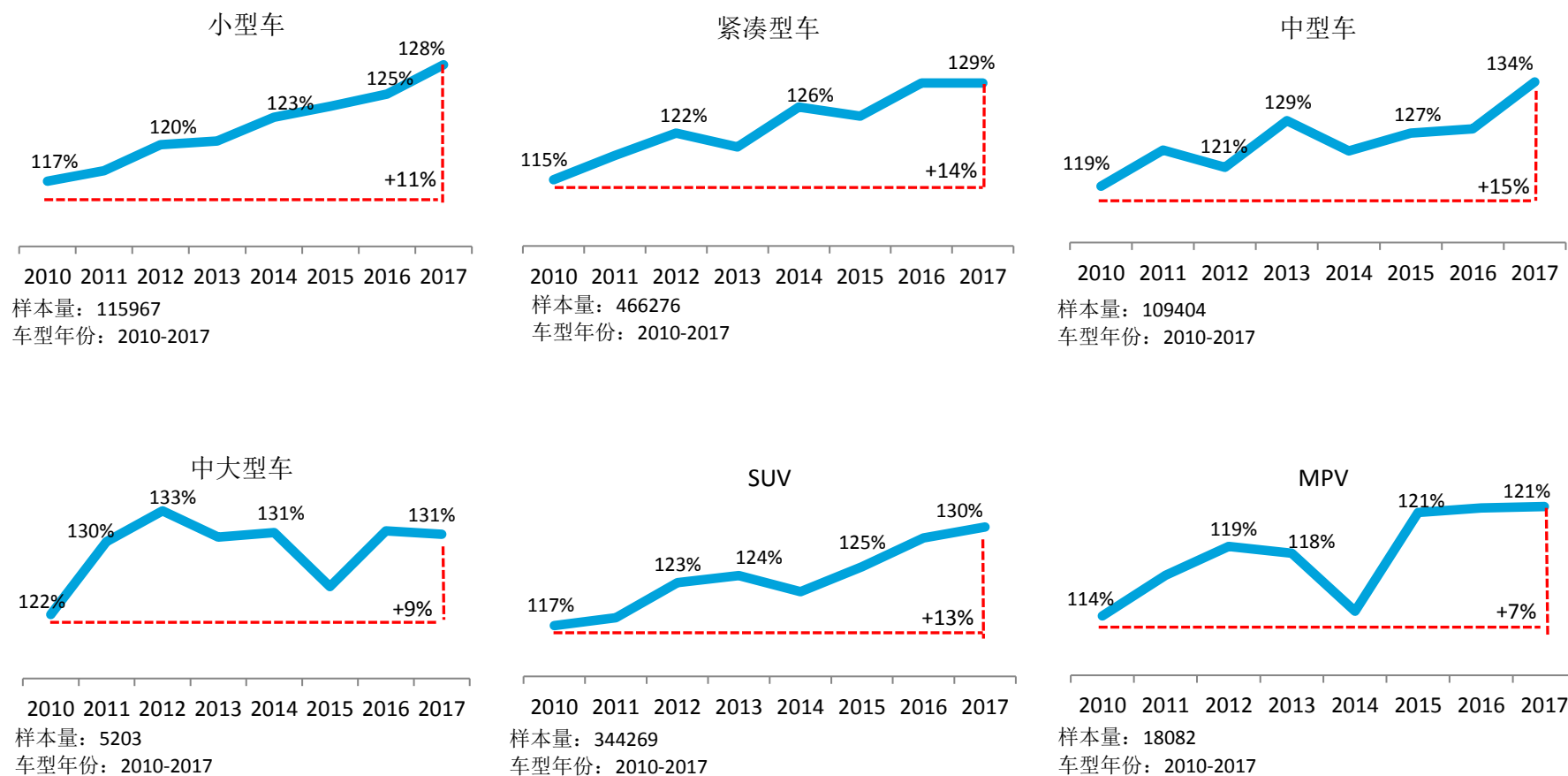


图 15 不同车型类别 2010-2017 年款油耗差异发展趋势

（2）SUV 油耗差异分析

据中汽协数据显示，2017 全年 SUV 车型共销售了 1025.27 万辆，同比增长 13.3%，占乘用车总销量的比例超过 41%，继续成为乘用车市场销量的最大推动力³⁸。目前，SUV 产品自成体系，根据车辆重量、轴距、排量等指标，细化成小型 SUV、紧凑型 SUV、中型 SUV、中大型 SUV 和大型 SUV 等级别³⁹，以满足不同消费群体的购车需求。

图 16 显示，目前小熊油耗样本库中包含除大型 SUV 以外的其他四个细分级别，且紧凑型 SUV 占比最大，接近 60%，小型 SUV 和中型 SUV 占比分别达到 24%和 16%，中大型 SUV 样本较少。

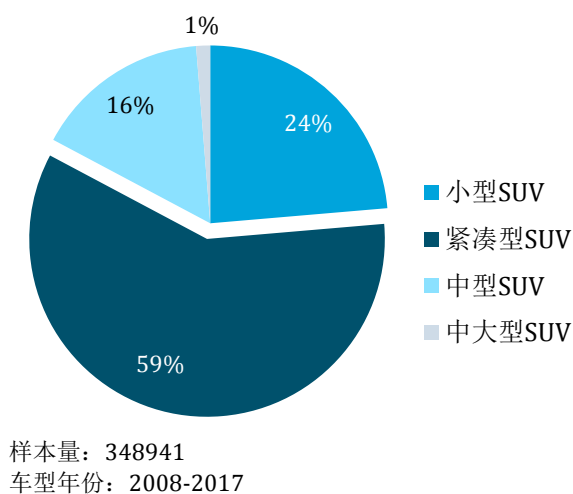


图 16 小熊油耗样本库中各 SUV 细分产品样本量占比

图 17 则对比了以上四类 SUV 车型 2010-2017 年款油耗差异的变化趋势：i) 2010-2017 年款中大型 SUV 油耗差异增加最多，达到 18%，而紧凑型 SUV 油耗差异增加则最少，仅为 13%，与 SUV 产品整体的油耗差异增加值一致；ii) 小型 SUV 和中型 SUV 新车车型油耗差异在八年间均增加了 14%，但小型 SUV 的历年油耗差异绝对值在四个细分级别中最小，而中型 SUV 的历年油耗差异绝对值则最高。

³⁸ 人民网，持续增长 2017 年 SUV 销量首次突破千万（2018-08-14）
<http://auto.people.com.cn/n1/2018/0118/c1005-29771957.html>

³⁹ 根据“汽车之家”（www.autohome.com.cn）分类标准

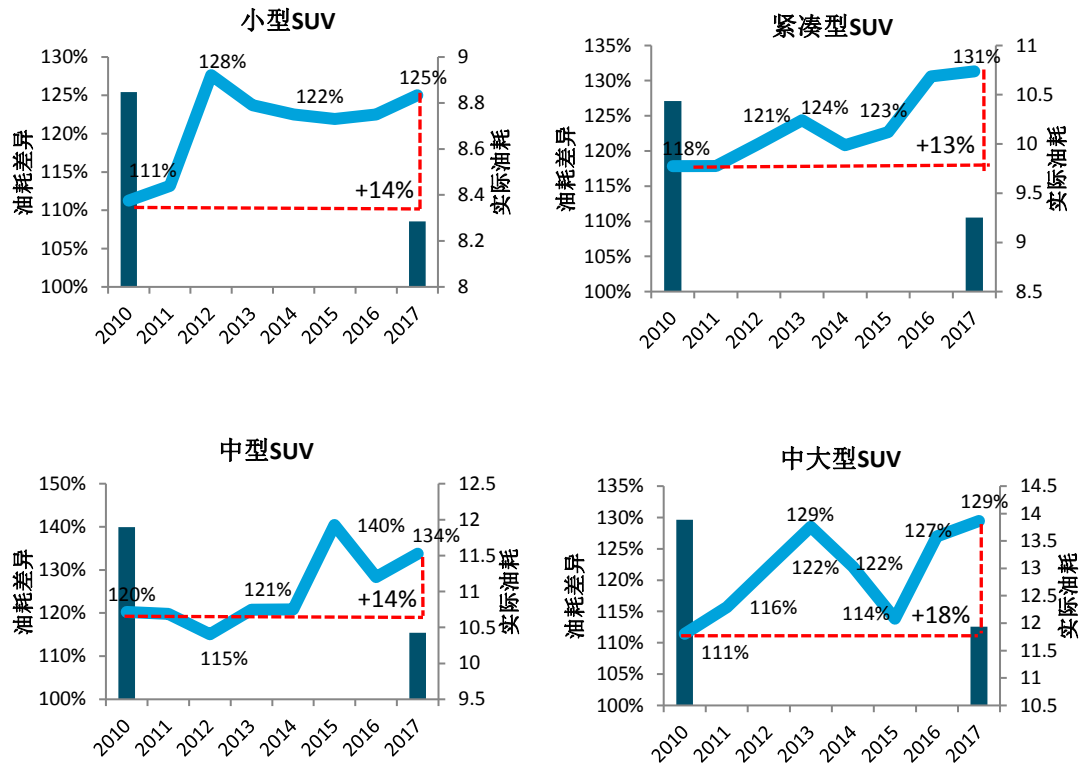


图 17 SUV 细分级别车型 2010-2017 年款油耗差异变化趋势

(四) 不同车龄车型的油耗差异分析

随着车龄的增加,汽车的很多部件难免发生磨损和老化,这将在一定程度上影响车辆的实际油耗水平。下面我们选择 2008-2014 七个年款车型,分析它们在 2014-2017 自然年的油耗差异表现,以了解车龄与对应油耗差异之间的关系。

图 18 显示,按照不同年款车型在不同时间表现出的油耗差异趋势,可以将其分为 3 组。其中, a 组为 2012-2014 款, b 组为 2009-2011 款, c 组为 2008 款。C 组在 2014-2017 年间油耗差异保持不变,说明当车龄超过 6 年后,其油耗差异可维持在一个相对稳定的状态。B 组三个年款的车型呈现出一致“趋稳”的油耗差异变化趋势,即油耗差异看似上下波动,实际则趋于一个平衡点。A 组三个年款的车型在 2014-2017 自然年段,对应 0-5 年车龄,其油耗差异随车龄虽呈现下降趋势,但变化规律并不完全一致,且波动幅度较 b 组更大。

在样本研究范围内，车龄越大，其油耗差异值越稳定，反之，车龄越小，油耗差异变化幅度越大。同时，研究结果进一步肯定了之前的结论，即车型年份越新，其油耗差异越大。

需要说明的是，上述研究结果是在大量车主样本的基础上完成的，未统计车主是否对其车型进行过适当保养和零部件更换，而良好的车辆保养和维修更换受损部件可降低车辆油耗水平。

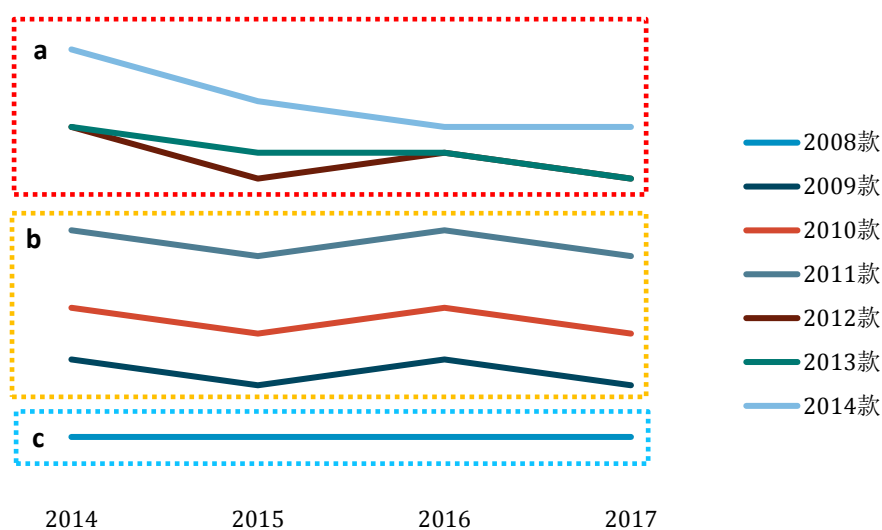


图 18 不同年款车型在 2014-2017 自然年的油耗差异变化趋势

(五) 地域油耗差异分析

为客观衡量车主油耗水平，小熊油耗研究团队基于车主真实油耗数据提出了“油耗指数”概念，该指数是车主驾驶车辆油耗水平的评分，与车型、排量、变速器等因素无关，是所有车主在统一基准上的比较。同理，将评估方法引入到不同地域，可绘制出中国油耗指数地图。油耗指数地图显示了一个地区整体车队的油耗差异水平，该差异是对应地区的驾驶习惯、气候条件、道路情况等多种因素的综合体现。油耗指数基准分为 100 分，100 分以下表示节油效果好，反之则较为费油。

2017 全国油耗指数地图如下图所示，黑吉辽三省为油耗指数最高地区，得分均超过 106，西藏和云南为油耗指数最低地区，得分低于 94。从地域和气候特征分析，东三省年均温度较低，冬季尤为寒冷，车辆在低温条件下启动以及开启暖风必然会消耗更多的燃油。而西南地区海拔相对较高，空气相对稀薄，同等车速下风阻降低，导致车辆油耗降低，且高海拔环境中，进气压力、进气量降低，造成喷油脉宽降低，所以油耗也相

应降低⁴⁰。特大型城市车辆保有基数大，人口密度也相对较高，可能出现较长时间的道路拥堵情况，致使车辆消耗更多的燃油，油耗指数随之上升，如上海，其油耗指数接近 102，是除东北三省以外油耗指数最高的地区。

整体上看，东部地图油耗指数高于西部地区，东部省市中，河南、河北、湖北等省市油耗指数高于大部分沿海地区。新疆、内蒙两地油耗指数均超过 100，高于其他西部地区。

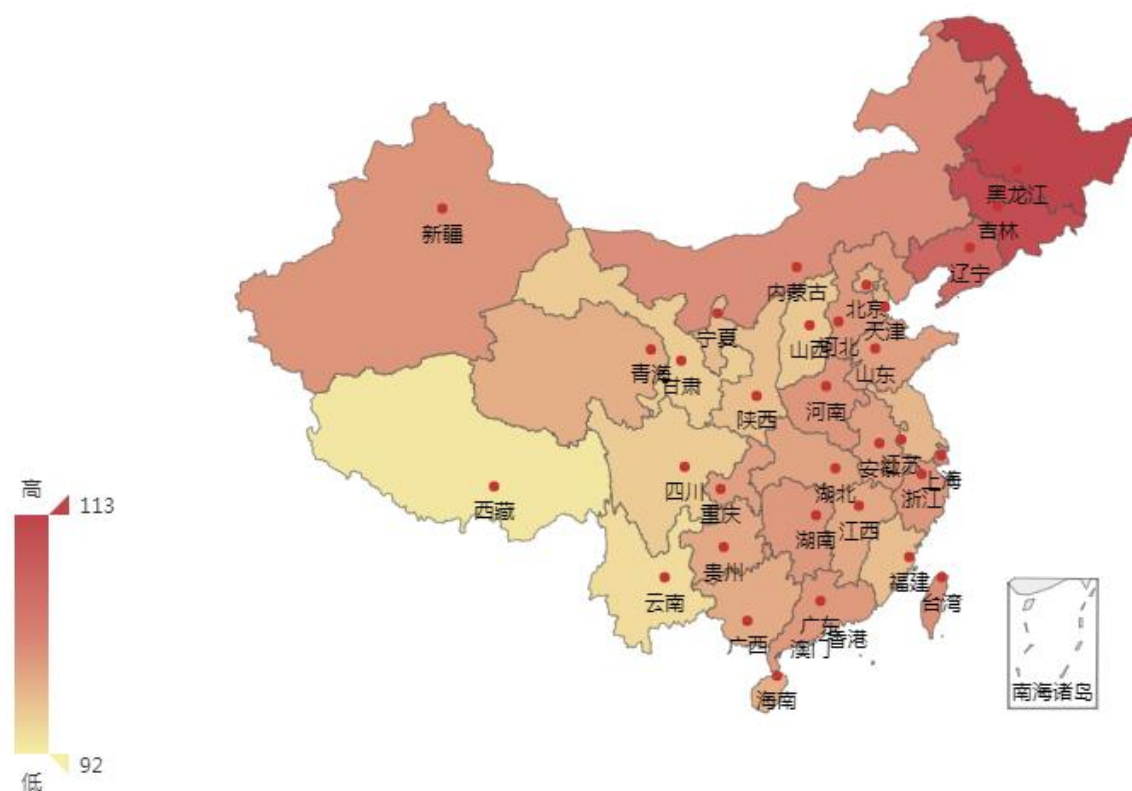


图 19 2017 中国油耗指数地图

⁴⁰ 王玉伟, 刘乐, 赵伟, 陆红雨, 宫锦辉, 《轻型汽油车海拔环境排放和油耗特性的研究》. 汽车科技, 2014: 48-52. <http://mall.cnki.net/magazine/article/QCKJ201403010.htm>

4. 典型城市 VKT 特征分析与差异研究

4.1 数据来源

本次研究的数据提供方为“智驾行 APP”（由北京智驾出行科技有限公司开发），本次研究的 OBD 数据来自“智驾行 APP”收集的脱敏数据。具体而言，OBD 数据采集自“智驾行”推出的实体检测装置“智驾盒子”，该装置全国安装数超过 10 万用户，其中北京地区用户超过 5 万。共采集车辆数据信息总量达到 100TB，累计行驶里程超过 12 亿公里，对油耗数据的检测粒度达到秒级⁴¹。

本次研究中 VKT 数据主要由智驾行 APP 连同 OBD 相关数据一同采集（具体请见 3.2.2），经过脱敏处理后用于 VKT 分析。经过处理后的 VKT 数据格式为特定车辆 2017 年全年每日行驶总里程。

4.2 数据筛选

在 VKT 研究阶段，共得到初始数据 700 余万条，筛选有效数据的规则为：

- 1) 时间、地点、车型数据无一缺失；
- 2) 车辆位移数据采集保持连贯、稳定、无缺失记录，持续时间超过 2 周；
- 3) 每辆车每周记录数据至少 3 条；
- 4) 每天至少行驶 5 公里；

最终，筛选得到 639 万条有效记录，剔除其他不合格记录。该数据集中主要包含了北京、广州、苏州、深圳等地的机动车行驶里程数据，该数据集将作为本研究 VKT 部分的主要对象。

4.3 研究结果与分析

4.3.1 总体样本分析

（一）季度里程变化

⁴¹ 智驾行官网-关于我们 <http://www.zhijiaxing.net/about.html>

图 20 显示了本次 VKT 研究总体样本的平均里程随季度变化的情况。根据 2017 年的数据，总体样本 VKT 呈现出夏、秋两季高，春、冬两季低的规律。该规律符合常识的认知，由于夏、秋两季气候条件较好，同时法定节假日也较多，因此人们更倾向于驾车出行，因此有较高的 VKT 水平。不过，虽然总体样本 VKT 随季节出现了一定差异，但差距并不十分显著；同时，由于目前尚未针对其他年份的 VKT 数据进行分析 and 整理，尚无法得知该变化趋势发生的必然性和周期性。

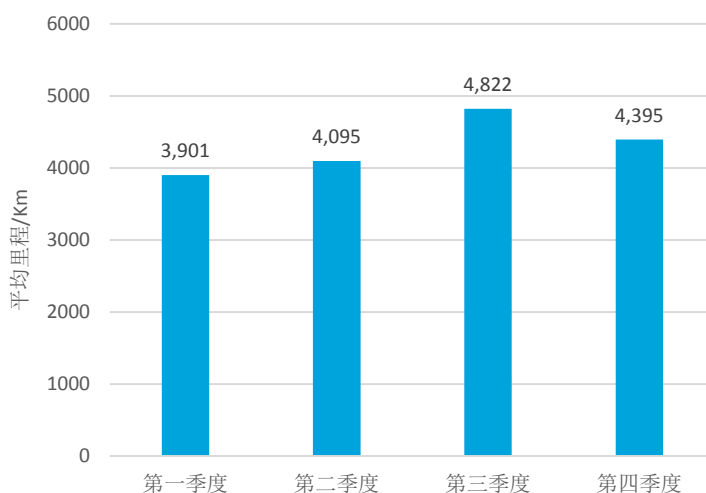


图 20 总样本 VKT 季度变化

（二）月均里程变化

当聚焦到每一个月时，平均 VKT 的变化更为明显。十月份是 2017 年全年的高峰，由于受到国庆节长假的影响，以及秋天干爽的气候条件，人们普遍选择在十月份驾车出行。随后的两个月 VKT 平均里程则迅速下降，也反映了季节的变化对人们出行和使用车辆的影响。从全年的角度来看，平均 VKT 始终保持在 1000-1800km/月左右。

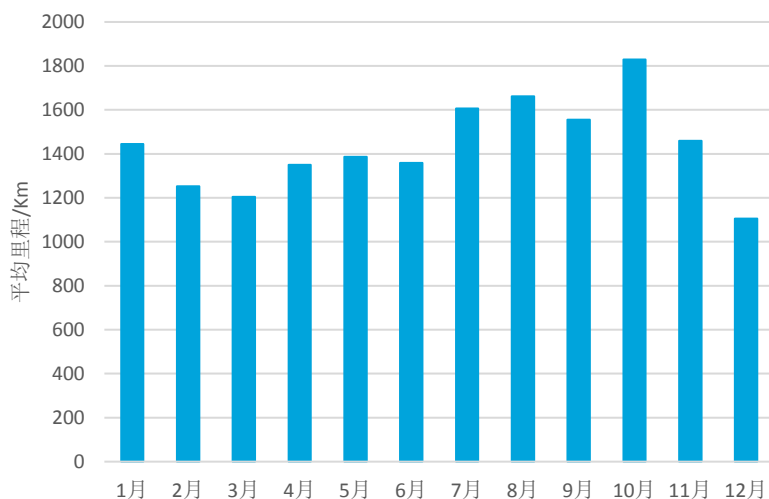


图 21 总样本 VKT 月度变化

（三）一周日均里程变化

图 22 显示了总体样本 VKT 在一周内的变化情况，不出意料地，周六与周日平均 VKT 为一周之最；周五与周一紧随其后，表明在周末即将开始与即将结束的两天的，人们用车的需求会有一定程度的上升；周二至周四的平均 VKT 几乎保持一致，且为一周最低，表明在这期间人们用车需求稳定，平均 VKT 变化较小。

根据对总体样本一周的变化进行分析可以发现，人们出行需求的变化有一定的周期性和规律性，具体表现在周末用车需求的增加以及在普通工作日用车需求的相对稳定。从定量角度来看，周末车辆平均 VKT 比普通工作日长约 2km，由此可见，虽然人们的出行会带来车辆平均 VKT 的周期性变化，但是该变化的幅度并不剧烈（<10%）。基于此，我们大致可以推断，周末因素对于车辆平均 VKT 提升的贡献率在 10%以内。

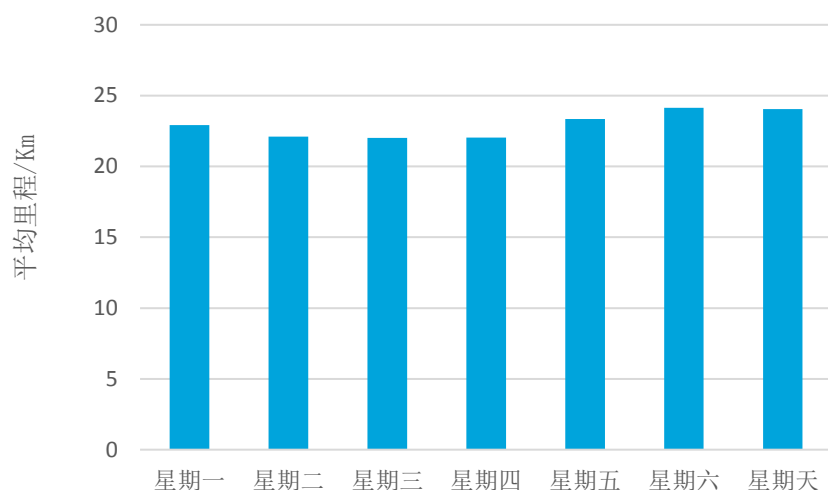
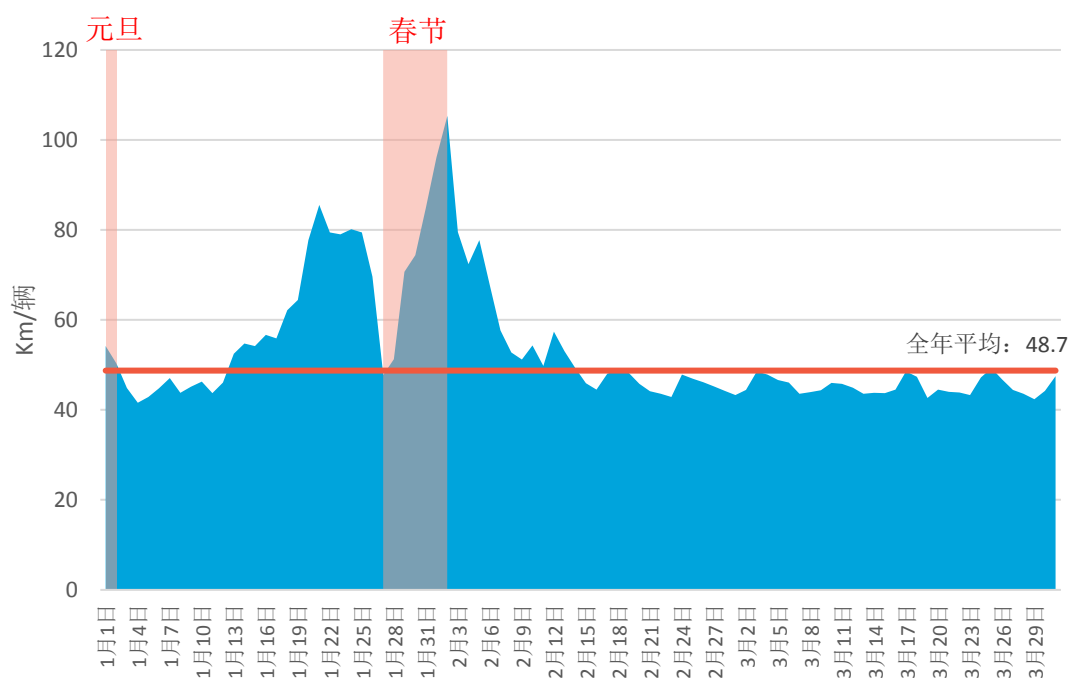


图 22 VKT 平均里程一周变化

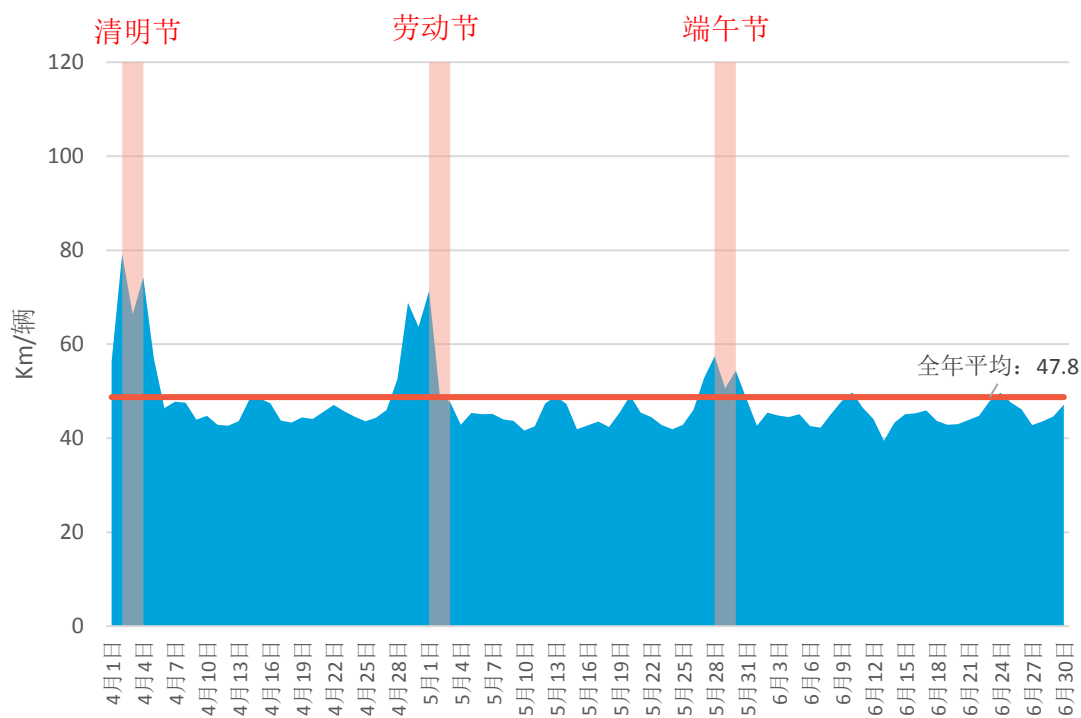
（四）全年日均里程变化及节假日的影响

图 23 展示了总体样本 VKT 在 2017 年全年的变化趋势，可以发现三月、六月、七月、八月、十一月和十二月的平均 VKT 变化较为平缓，原因是在这些月份中没有国家法定节假日，没有形成较为统一的出行/出游潮，所以从 VKT 角度来看，总体样本在这些时间段中的变化并不明显。与此相对的，由于受到国家法定节假日的影响，如春节、清明节、五一劳动节、端午节、国庆节等，这期间平均 VKT 均出现了较大幅度的变化，其中尤以劳动节和国庆节为最，VKT 分别较当月平均水平提升了 50.2%和 86.4%。同时，节假日 VKT 里程普遍形成“双峰”结构，原因是在节假日最后一天将会出现回程高峰，导致了平均 VKT 的增加。

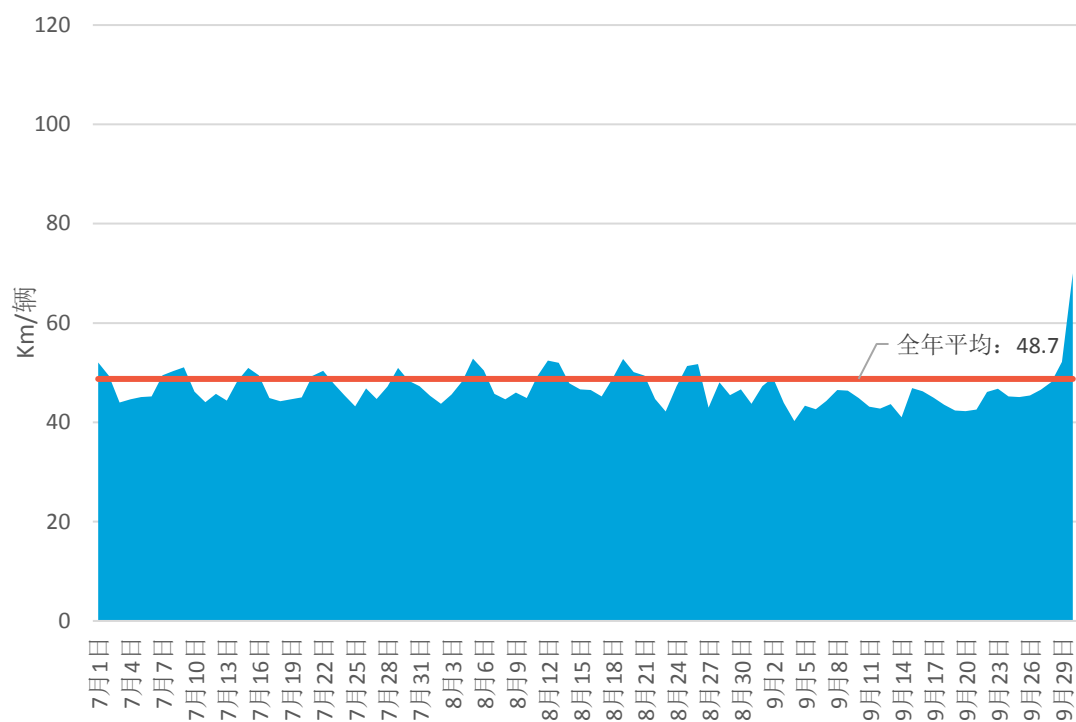
春节作为我国最为重要的传统节日之一，在 VKT 变化方面却体现出与其他节日完全相反的规律。除夕（1 月 27 日）及年初一（1 月 28 日）VKT 呈现断崖式下跌，较前一周下降约 40%；在之后的一周里 VKT 开始显著攀升，并在年初六（2 月 2 日）达到顶峰，平均 VKT 为除夕及年初一的两倍有余。由此可见，法定节假日对平均 VKT 的影响十分显著，且不同节日表现出的规律亦不尽相同。



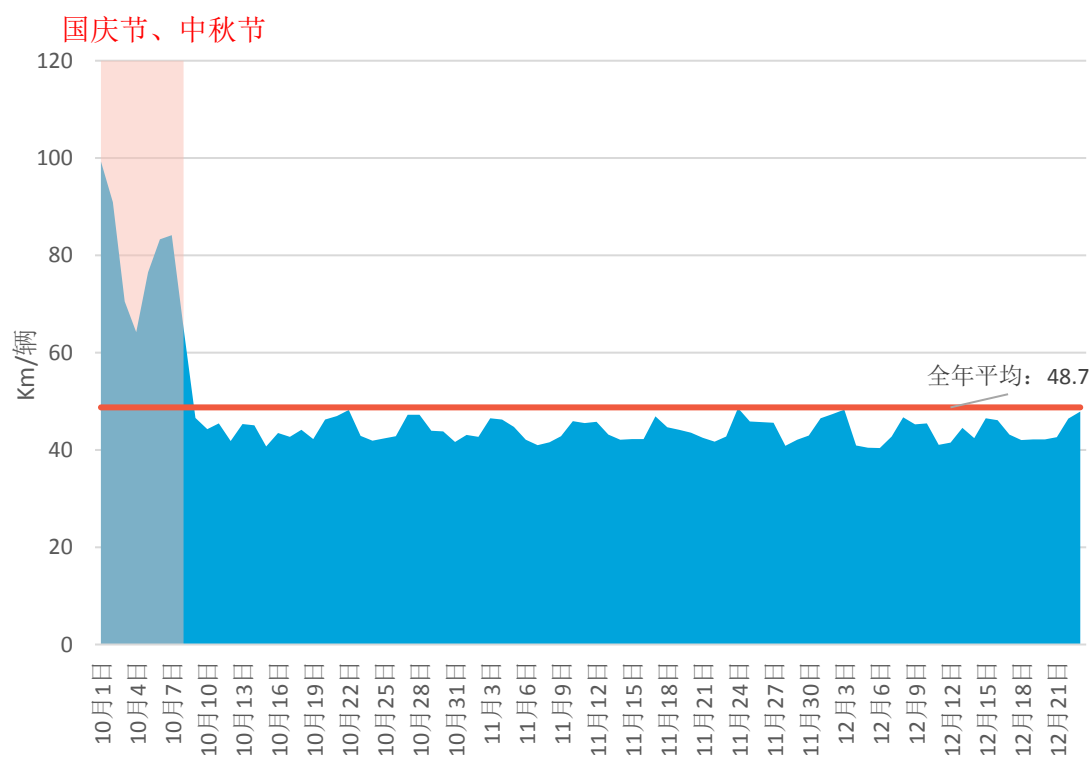
(a) 1-3 月



(b) 4-7 月



(c) 7-9 月



(d) 10-12 月

图 23 总样本 VKT 年度变化

（五）各类型车辆里程差异

根据对不同类型车辆平均 VKT 水平的分析，可以发现小型机动车（如微型车、紧凑型 SUV 等）平均 VKT 较短，而大型/中大型机动车（如 MPV、大型/中大型车、中大型 SUV 等）平均 VKT 则较长。造成该现象的原因之一是大型/中大型机动车在满足家用需求之外还更具有商用价值，而小型机动车则普遍用作家庭代步工具，因此大型/中大型机动车被使用的频率往往更高，平均 VKT 因此也较长，相比之下只服务于家庭通勤使用的小型机动车辆则拥有较短的 VKT。

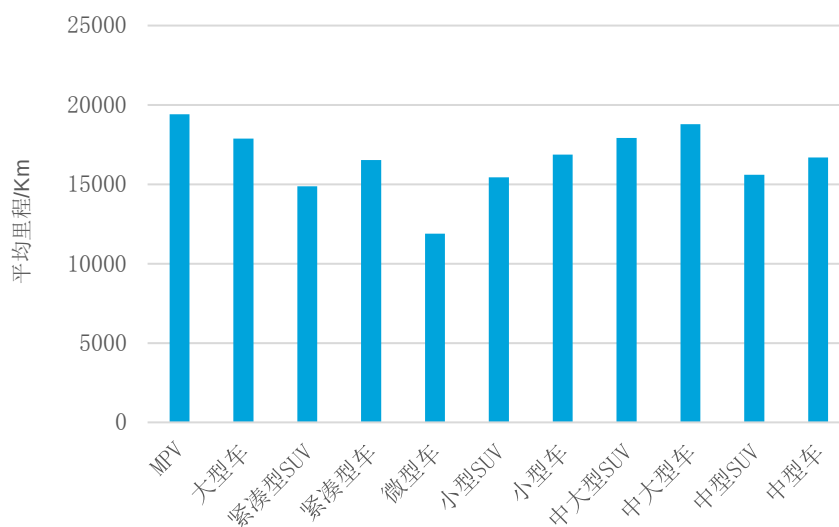


图 24 不同类型车辆平均 VKT 水平比较

4.3.2 典型城市分析

（一）各城市年均里程比较

本次研究选取了北京、深圳、广州和苏州四个城市作为主要研究对象，图 25 展示了四城市机动车年均行驶里程的分布情况。北京机动车年均行驶里程约为 13,000 公里，深圳、广州和苏州里程总数依次降低。不同城市年均里程的差异既取决于城市规模的大小，也与城市公共交通发达程度以及经济发展水平有关。总体而言，北京公共交通较为发达，但城市规模巨大，轨道交通覆盖率依然不足，且公交系统准点率较低，导致居民依然十分依赖机动车出行，从而增加了北京地区 VKT 总量，并超越其他城市。

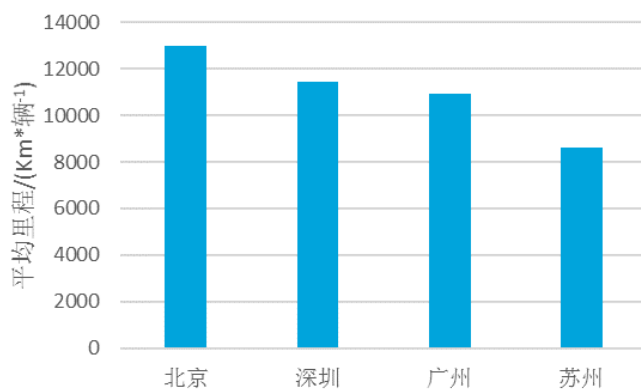
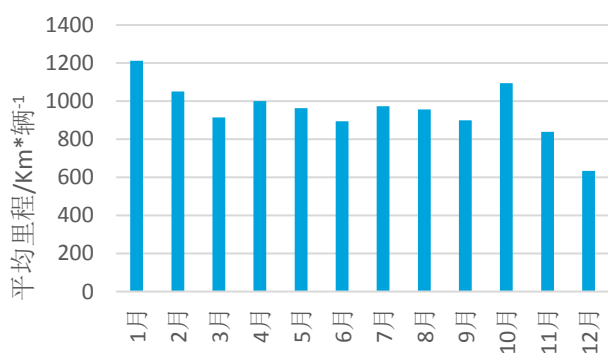


图 25 四城市年均行驶里程比较

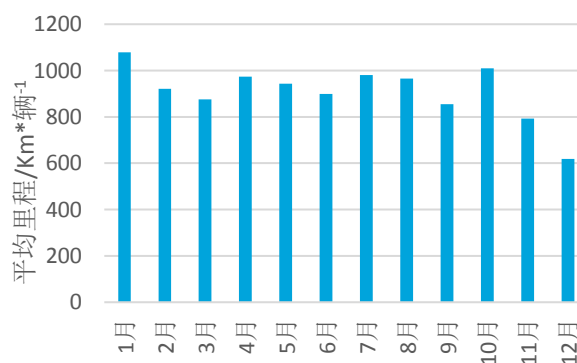
(二) 月均里程变化

根据图 26 所示，深圳、广州和苏州的机动车 VKT 变化情况较为一致，其中一月与十月 VKT 均为全年峰值，年末 VKT 均有较大幅度的降低。相比之下，北京的 VKT 变化呈现出“单峰”，即十月份为全年 VKT 最高月份。全年 VKT 变化自一月份起逐步提高，十月份见顶后迅速滑落。另外，还可以发现不同城市间的车辆平均 VKT 没有太大的差异，月平均里程均为 1000 公里左右，四城市平均 VKT 的排名次序为北京>广州>深圳>苏州。

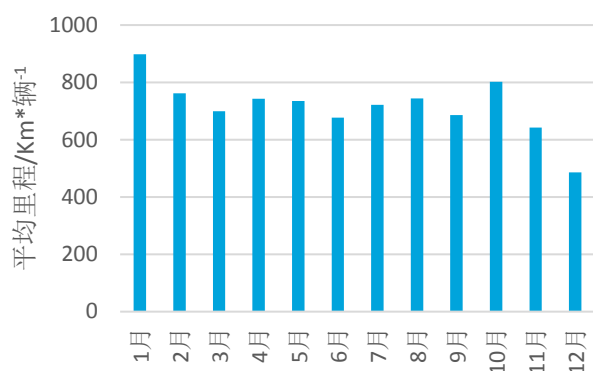
需要注意到是，北京车辆 VKT 的变化趋势和总体样本比较相似，原因是在本数据集中北京地区样本比重相对较高，因此总体样本的变化情况将很大程度上受到北京地区的影响。



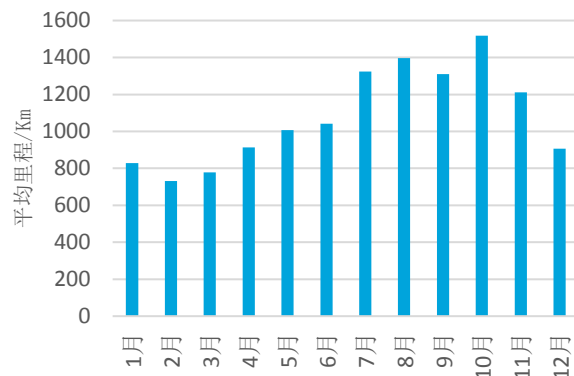
(a) 深圳



(b) 广州



(c) 苏州



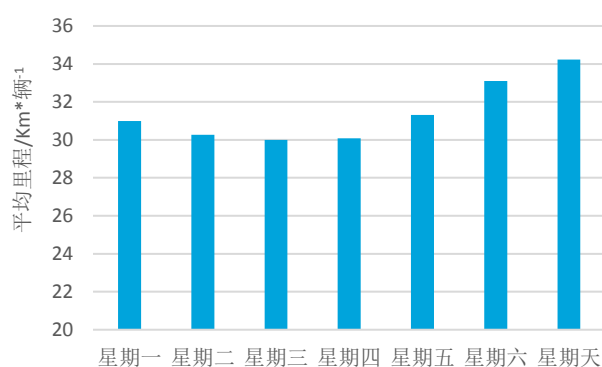
(d) 北京

图 26 不同城市月均 VKT 水平变化

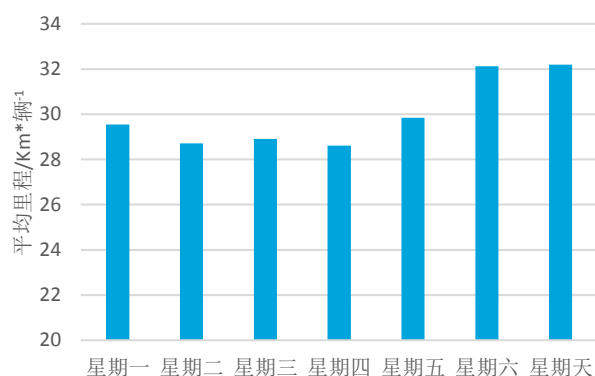
(三) 一周日均里程变化

四个城市在一周内平均 VKT 变化情况如图 27 所示，可以发现四个城市的变化趋势大致相同，均为周末最高，工作日较低。同时，由于存在“周末效应”，周一与周五的平均 VKT 也比其余工作日略高。由于各城市变化趋势与总体趋势相近，在此不再赘述。

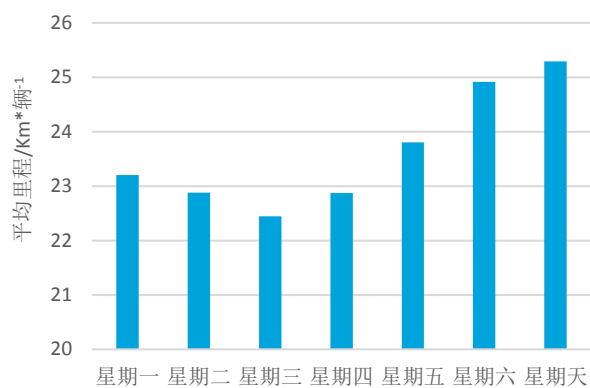
根据采集的数据，可以发现不同城市间平均 VKT 出现了一定的差异。北京的平均 VKT 为四城最高，其次为深圳与广州，最低为苏州。该差异与城市规模、城市地形结构等客观因素相关，同时也与当地居民出行习惯与经济水平有一定的关系。



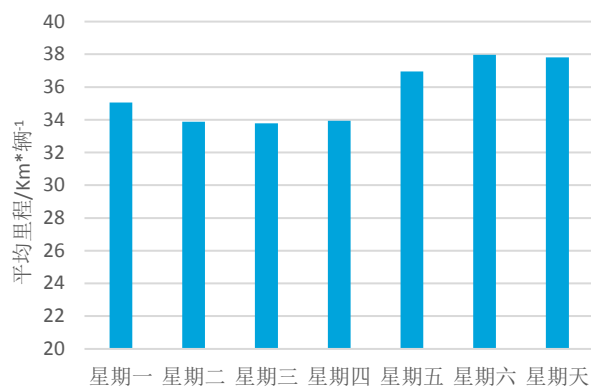
(a) 深圳



(b) 广州



(c) 苏州



(d) 北京

图 27 不同城市一周日均 VKT 水平变化

5. 结论与建议

5.1 报告结论

本次研究同时对小熊油耗与智驾行 OBD 数据进行了整理与分析,分别对应全国机动车油耗以及典型城市油耗情况。本次的研究结论主要有:

1. 根据全国及地方数据的统计和分析,发现尽管国家在机动车油耗方面的要求愈发严厉,但实际油耗与工况油耗的差值(即油耗差异值)却有逐年递增的趋势。其归根到底的原因是测试采用的 NEDC 工况标准存在严重的脱离我国国情的问題,且随着时间推移,各大车企也善于从 NEDC 工况指标入手,贴合规则进行定向改进,从而使得 NEDC 工况失去原有意义。
2. 今年新增了 VKT 部分的分析,研究发现对于总体样本而言,车辆 VKT 呈现出随季度、月度、工作日/周末以及节假日等因素的周期性及规律性变化。其中,夏秋两季 VKT 呈现出明显的上升趋势,冬季 VKT 普遍大幅下降,春季 VKT 变化较为平稳。另外,本研究还发现周末平均 VKT 较工作日上上升约 10%,一个很大的原因是人们周末出游与外出活动的需求得到释放,但相对而言,影响并不十分明显。另一方面,国家法定假日对 VKT 的影响非常大,其中尤以国庆、春节等长假为最。
3. 针对典型城市的 VKT 研究发现,不同城市的 VKT 变化幅度存在较大的差异。北京 VKT 全年变化范围为 700-1500km/月,然而深圳、广州、苏州的城市样本 VKT 平均里程全年变化范围分别为 1300-1400km/月、500-600km/月及 800-900km/月。由此可见,除北京外其余城市样本 VKT 随时间变化幅度均很小。另一方面,不同城市样本平均 VKT 水平也相差较大,广州与深圳作为我国东南沿海两座经济最为发达的城市,城市车辆平均 VKT 相差一倍以上,其背后的具体原因还有待进一步的分析和了解。

5.2 报告建议

基于小熊油耗 APP 以及智驾行 OBD APP 样本的油耗差异研究结果表明,尽管国家油耗标准在逐年加严,在用车实际油耗与工况油耗的差异却越来越大。为扭转这种差异趋势,增强油耗标准实施的有效性,建议相关决策部门对以下环节进行优先考虑:

1. 在油耗标准设计上增加对油耗差异的考虑，可通过以下若干种方式实现：
 - 考察和调整人为因素与地域驾驶条件（地理环境、城市交通设计等）对实际油耗的影响，提高油耗测试循环条件的代表性。值得关注的是，目前中国工况设计已进入尾声，未来中国工况也将替代 NEDC 工况作为油耗测试标准。
 - 考察区域油耗偏差因子，设定区域油耗标准，辅助国家油耗标准的实施。
 - 实施额外的车辆质量标准（如采用轻型材料、强化技术规范等），消化车辆分级和重量化对车辆油耗的负作用。
2. 完善多种外界因素，包括海拔、温度、湿度、驾驶工况等，对实际油耗的影响系数，加强对油耗差异过大的车型的关注和监管。基于新型数据源的车型大数据研究，在获取各区域相关油耗信息时能发挥重要作用，应受重视。
3. 在政策层面，鉴于目前的型式认证已经是第三方独立机构在进行，建议政府定期进行抽查检验，确保提交数据的准确性，包括对新认证车型和在用车的检验，如加强对滑行测试的抽查，避免该环节数据造假对台架测试油耗结果的影响。

附件 I 各主要车辆品牌实测、工况油耗及差异值

车辆品牌	实测油耗 (L/100km)	工况油耗 (L/100km)	差异值 (L/100km)
Jeep	12.92	9.77	132%
名爵	8.75	7.25	121%
MINI	9.46	6.93	137%
Smart	7.60	4.96	153%
奥迪	11.38	7.63	149%
宝骏	9.78	7.07	138%
宝马	11.31	7.94	142%
宝沃	11.99	9.30	129%
保时捷	15.73	10.23	154%
北京汽车	9.50	7.09	134%
奔驰	11.76	8.70	135%
奔腾	10.46	8.46	124%
本田	9.47	7.69	123%
比亚迪	9.89	7.43	133%
标致	10.95	7.65	143%
别克	10.82	8.62	126%
大众	9.37	7.32	128%
东风汽车	10.34	7.83	132%
东南汽车	8.73	6.59	133%
菲亚特	9.32	7.55	123%
丰田	9.64	8.35	116%
福特汽车	10.46	7.93	132%
福田汽车	12.26	9.33	131%
观致汽车	10.11	6.25	162%

广汽传祺	11.73	7.52	156%
哈弗	11.49	8.13	141%
海马汽车	9.00	7.38	122%
华泰汽车	11.98	10.10	119%
吉利汽车	10.22	7.68	133%
吉利帝豪	9.52	6.32	151%
江淮	12.15	9.02	135%
江铃	9.65	8.35	116%
捷豹	12.40	8.68	143%
金杯	13.35	10.19	131%
凯迪拉克	11.82	9.04	131%
克莱斯勒	11.31	10.13	112%
雷克萨斯	10.90	8.87	123%
雷诺	12.17	9.26	131%
力帆汽车	9.43	7.10	133%
铃木汽车	8.48	6.47	131%
陆风	13.98	9.30	150%
路虎	13.66	10.07	136%
马自达	9.43	7.59	124%
讴歌	12.73	10.52	121%
欧宝	12.13	9.00	135%
奇瑞	9.52	7.04	135%
启辰	8.01	6.75	119%
起亚	10.20	7.53	135%
日产	9.29	7.60	122%
荣威	10.16	8.57	119%
三菱	11.79	10.30	114%

绅宝	10.77	7.89	137%
斯巴鲁	9.87	8.45	117%
斯柯达	8.92	7.22	124%
沃尔沃	11.42	8.36	137%
五菱	9.62	7.18	134%
现代	10.30	7.71	134%
雪佛兰	10.92	8.18	134%
雪铁龙	10.84	7.88	138%
一汽	8.16	6.76	121%
英菲尼迪	12.18	9.41	129%
长安汽车	9.99	7.30	137%
长城汽车	9.27	6.72	138%
中华	9.72	7.38	132%
众泰	9.96	8.07	123%

附录 II 数据清洗和筛选过程

	小熊油耗 APP	智驾行 APP
通用	- 当数据出现错误时手动插入 - 操作过程不一致	操作过程不一致
用户数据有效性	每个用户至少输入 3 次数据	- 每周每个用户至少 3 条出行记录 - 用户连续记录 2 周以上 - 平均每天行驶里程 5 公里
车辆数据有效性	- 移除不完整车型及油耗信息对应的数据 - 移除早于 2008 年购置的车辆 - 移除排量高于 4.0L 的车型	- 移除不完整车型及油耗信息对应的数据 - 移除早于 2008 年购置的车辆
油耗数据有效性	移除超过 2 倍 σ 的偏离数据	\
车型数据一致性	移除少于 20 个有效样本的车型	\
清洗结果	最终 92%原始数据为有效数据	最终 90.1%原始数据为有效数据