

JANUARY 2023

中国新增乘用车趋势报告

大气污染物与二氧化碳排放及相关控制技术

国际清洁交通委员会
张耘天 何卉 陈志男



声明与致谢

本报告是国家自主贡献亚洲交通倡议项目 (NDC Transport Initiative for Asia, NDC-TIA) 的产出成果之一。NDC-TIA项目是国际气候倡议 (International Climate Initiative, IKI) 的组成部分。IKI 项目在德国联邦经济事务和气候行动部的领导下开展工作, 同时与其资助方德国联邦环境、自然保护、核安全与消费者保护部以及德国外交部保持紧密合作。

Supported by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag



Please share your valuable insights
about NDC-TIA knowledge product(s)
by taking this short survey:
<https://tinyurl.com/ndctia-survey>

本报告作者感谢合作方的三位专家: 马冬、王宏丽、解淑霞 (中国环境科学研究院机动车排污监控中心) 为本研究提供部分车辆参数、大气污染物排放和控制技术应用相关数据与市场信息; 此外, 作者感谢所有内部及外部的评审专家对本研究的指导和帮助, 包括Peter Mock、杨子菲、褚一丹 (国际清洁交通委员会); 丁焰 (中国环境科学研究院); 马冬、王军方 (中国环境科学研究院机动车排污监控中心); 任焕焕 (中国汽车技术研究中心有限公司)。

本研究所有内容仅反映本文作者的个人观点, 评审专家及资助方不对本文的任何观点负责。

关于ICCT

国际清洁交通委员会 (ICCT) 是一家独立的非盈利研究机构, 为世界各地的环境管理部门提供专业客观的科学研究和技术分析。ICCT的目标是大幅减少陆运、海运、空运等各类交通源的大气污染物和温室气体排放, 从而改善空气质量、保护公众健康、减缓气候变化。

International Council on Clean Transportation
1500 K Street NW, Suite 650
Washington, DC 20005

communications@theicct.org | www.theicct.org | [@TheICCT](https://twitter.com/TheICCT)

© 2023 International Council on Clean Transportation

章节目录

缩写对照表.....	iv
1. 报告概览.....	1
2. 市场趋势.....	2
3. 二氧化碳排放趋势.....	7
4. 主要车辆物理参数趋势.....	17
5. 二氧化碳排放控制技术趋势.....	24
6. 内燃机汽车大气污染物排放及相关控制技术应用趋势.....	34
7. 附录.....	37
7.1. 数据源与数据有效性.....	37
7.2. 车型级别分类说明.....	38

图表目录

图2-1. 分燃料类型的乘用车历年新车销量及新能源汽车占比.....	3
图2-2. 各级别乘用车历年销量占比.....	3
图2-3. 各级别乘用车历年销量 (以2012年水平为100%基线)	4
图2-4. 2012-2021年累计销量前二十名汽车制造商的历年销量占比.....	4
图2-5. 2012-2021年累计销量前二十名汽车制造商的历年销量 (以2012年水平为100%基线)	5
图2-6. 2012与2021年最畅销的前十名车型.....	5
图2-7. 2021年各车型级别细分市场与动力系统/燃料类型的相互分布	6
图3-1. 乘用车部分物理参数及二氧化碳排放率变化趋势 (以2012年水平为100%基准线)	9
图3-2. 各燃料类型乘用车的二氧化碳排放率变化趋势, 及中国燃料消耗量标准阶段.....	9
图3-3. 美国, 中国和欧盟乘用车车队平均二氧化碳排放率变化趋势	10
图3-4. 各车型级别的平均二氧化碳排放率变化趋势 (传统内燃机汽车和新能源汽车合并分析)	10
图3-5. 各车型级别的平均二氧化碳排放率变化趋势 (仅内燃机汽车)	11
图3-6. 各制造商的企业平均二氧化碳排放率变化趋势 (传统内燃机汽车和新能源汽车合并分析) .	11
图3-7. 各制造商的企业平均二氧化碳排放率变化趋势 (仅内燃机汽车)	12
图3-8. 2021年主要制造商企业平均燃料消耗量、企业平均二氧化碳排放率以及销量占比 (传统内燃机汽车和新能源汽车合并分析)	12
图3-9. 2012年与2021年, 基于销量加权的企业平均二氧化碳排放率和平均整备质量	13
图3-10. 2012年与2021年, 基于销量加权的企业平均二氧化碳排放率和平均功率.....	13
图3-11. 2012年与2021年, 基于销量加权的企业平均二氧化碳排放率和内燃机汽车平均 车辆足印面积.....	14
图3-12. 中国乘用车新车燃料消耗量标准历史演化	15
图3-13. 2021年主要制造商企业平均二氧化碳排放率, 以及与各自2025年预期企业目标 值的差距.....	15
图4-1. 中、美、欧车队平均功率, 质量, 足印面积和内燃机车辆发动机排量变化趋势对比 (销量加权平均)	18
图4-2. 各车型级别的销量加权平均功率变化趋势	19
图4-3. 各车型级别的销量加权平均整备质量变化趋势	19
图4-4. 内燃机乘用车各车型级别的销量加权平均发动机排量变化趋势	20
图4-5. 内燃机乘用车各车型级别的销量加权平均足印面积变化趋势	20
图4-6. 各制造商基于销量加权的平均功率变化趋势 (内燃机汽车与新能源汽车合并分析)	21
图4-7. 各制造商基于销量加权的平均整备质量变化趋势 (内燃机汽车与新能源汽车合并分析)	22
图4-8. 各制造商基于销量加权的平均发动机排量变化趋势 (仅内燃机汽车)	22
图4-9. 各制造商基于销量加权的平均足印面积变化趋势 (仅内燃机汽车)	23
图5-1. 各类型动力的市场渗透率历史趋势.....	25

图5-2. 各进气技术、供油技术以及变速器技术的市场渗透率历史趋势 (仅内燃机汽车, 供油技术仅探讨汽油车)	26
图5-3. 先进发动机技术和变速器技术的市场渗透率趋势 (仅内燃机汽车) 及各燃料消耗量标准阶段	27
图5-4. 2012年和2021年各车辆级别细分市场的动力技术市场渗透率对比	27
图5-5. 2012年和2021年各车辆级别细分市场的各类车辆技术市场渗透率对比 (仅内燃机汽车; 供油技术仅探讨汽油车; 传动技术比较的起始年份为2009年)	28
图5-6. 2012和2021年各制造商动力技术市场渗透率对比	29
图5-7. 2012年和2021年各制造商的各类车辆技术市场渗透率对比 (仅内燃机汽车; 供油技术仅探讨汽油车; 传动技术比较的起始年份为2009年)	31
图6-1. 基于销量加权的车队平均主要大气污染物排放率变化趋势 (仅汽油车; CO, THC, NO _x 排放率以2012年水平为100%基准线, PM排放率以2014年水平为基准线)	35
图6-2. 国六标准乘用车NO _x 排放率限值, 以及基于销量加权的车队实际道路平均NO _x 排放率	35
图6-3. 汽油乘用车大气污染物排放控制技术应用率变化趋势	36
图6-4. 柴油乘用车大气污染物排放控制技术应用率变化趋势	36

表格目录

表格 5-1. 各制造商汽油直喷与双端口直喷技术应用率变化趋势 (仅汽油车)	32
表格 5-2. 各制造商涡轮增压/机械增压技术应用率变化趋势 (仅内燃机车)	32
表格 5-3. 各制造商新能源技术应用率变化趋势	32
表格 5-4. 各制造商传统混合动力技术应用率变化趋势 (仅内燃机汽车)	33
表格 7-1. 数据有效填充率 (全体车队层级)	37
表格 7-2. 数据有效填充率 (内燃机汽车车队层面)	38
表格 7-3. 污染物相关数据有效填充率 (适用车型内)	38

缩写对照表

AT	Automatic Transmission, 手动变速器
BEV	Battery-Electric Vehicle, 纯电动汽车
CNG	Compressed Natural Gas, 压缩天然气
CO	Carbon Monoxide, 一氧化碳
CO ₂	Carbon Dioxide, 二氧化碳
CVT	Constantly Variable Transmission, 无级变速
DCT	Dual-Clutch Transmission, 双离合变速
DOC	Diesel Oxidation Catalyst, 柴油机氧化催化器
DPF	Diesel Particulate Filter, 柴油机颗粒物捕集器
EGR	Exhaust Gas Recirculation, 废气再循环技术
EPA	Environmental Protection Agency (US), 美国环保局
FCV	Fuel Cell Vehicle, 燃料电池汽车
GDI	Gasoline Direct Injection, 汽油直喷技术
GPF	Gasoline Particulate Filter, 汽油机颗粒物捕集器
HEV	Hybrid Electric Vehicle, 混合动力汽车
ICE	Internal Combustion Engine, 内燃机
MT	Manual Transmission, 手动变速器
NEDC	New European Driving Cycle, 新欧洲驾驶测试循环
NEV	New Energy Vehicle, 新能源汽车
NO _x	Nitrogen Oxides, 氮氧化物
OEM	Original Equipment Manufacturer, 原始设备制造商
PC	Passenger Car, 乘用车
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle, 插电式混合动力汽车
PM	Particulate Matter, 颗粒物
RDE	Real Driving Emissions, 实际道路驾驶排放
SCR	Selective Catalytic Reduction, 选择催化还原技术
THC	Total Hydrocarbon Content, 总碳氢化合物
TWC	Three-Way Catalyst, 三元催化器
WLTC	Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycle, 全球轻型车统一测试循环

1. 报告概览

本报告对 2012 至 2021 年中国历年新增乘用车（依据上险数据）的大气污染物和二氧化碳排放趋势以及相关控制技术应用趋势进行了独立的第三方分析。

2020 年 9 月，中国国家主席习近平宣布，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。中国展现出前所未有的决心，确保到 2035 年实现空气质量的根本好转。道路交通部门是空气污染物和温室气体的重要排放源之一。为了达成改善空气质量和减低碳排放的双重环境目标，在道路交通领域实现空气污染物和温室气体的深度协同减排将势在必行。

今天，中国正在执行世界上最严格的车辆排放标准法规之一，即针对新增乘用车和中重型车的“国六”标准。中国也从 2005 年开始对乘用车燃料消耗量进行单独监管，至今已经历了五个阶段的标准升级。中重型车燃料消耗量标准于 2012 年开始实施，并于 2019 年起开始逐步加严。这些燃料消耗量管理法规间接减少了机动车二氧化碳排放。一直以来，机动车的空气污染物排放和燃料消耗量分别由不同的管理主体制定法规并进行监管。若要实现脱碳和清洁空气的双重目标，中国亟待对车辆的污染物和碳排放进行协同监测与管理。

本报告通过分析基础数据，从各种维度展现了与乘用车二氧化碳排放和大气污染物排放相关的历史趋势，旨在为推动二者协同减排的政策行动提供理论支持。具体而言，本报告分析了 2012 年至 2021 年中国新增乘用车的大气污染物排放、二氧化碳排放，以及减排关键技术应用情况的历史数据，并评估了历史政策对排放趋势产生了哪些影响。用于进行定量分析的基础数据来自多个独立数据源，涵盖了车辆物理参数、燃料消耗、大气污染物排放和各细分车型的历年上险数量数据。国际清洁交通委员会与中国环境科学院研究院机动车排污监控中心进行合作，进行数据收集、汇编、清理和检验，以尽可能地确保数据质量。但是，本报告中任何分析结果和结论并不代表中国相关管理机构的官方立场。

报告的第二章从多个维度研究了历年新注册乘用车的市场分布趋势，即销量变化趋势。第三章主要探讨了新销售乘用车车队的整体二氧化碳排放趋势，及其在各个细分市场和各汽车制造商层面的表现。第四章简要分析了历年新销售乘用车的部分物理参数（如整备质量，功率，车辆足印面积等）的变化趋势。第五章展示了各类节油和二氧化碳减排技术的市场渗透率变化情况，揭示了相关技术在十年内的演化更替趋势。第六章观察了新销售乘用车的主要大气污染物的排放趋势，以及相关排放控制技术在市场上的应用率变化情况。

2. 市场趋势

在过去的十年间，中国新生产乘用车的年销量经历了显著的涨落变化。全体乘用车的年销量在2012年到2016年之间保持了快速增长，年增长幅度基本超过10%。2016年乘用车新车注册量达到历史峰值，超过2300万台，与2012年水平相比增长近65%。此后，年销量开始回落，继2020年触底1900万台后，又再次开始攀升，在2021年实现了同比6.6%的增长。传统内燃机乘用车销量在2016年达到峰值之后持续萎缩，而2021年乘用车新车总量的重新增长则主要归功于新能源汽车的爆发式增长——从2020年到2021年，新能源乘用车新车销量几乎增长了两倍。新能源汽车主要包括了采用以下三种动力系统的汽车——电池电动汽车（纯电动汽车）、插电式混合动力汽车和氢燃料电池汽车。2021年，新能源乘用车销量占全国乘用车总销量的近15%，当年的新能源乘用车销量达到2016年时的八倍以上。（图2-1）

在过去十年间，市场对更大、更重、功能更强的汽车的偏好逐渐显著。SUV的销量增长了五倍，在2021年，注册量达到940万辆，其市场占比也从2012年的12%增长到2021年的45%以上。相比之下，微型、小型和紧凑型乘用车——即在本研究中分类为A00、A0和A级别的乘用车——在市場中的占比则从56%收缩至32%。¹不过，近期新能源汽车的激增使得A0和A00级的乘用车市场出现了回暖。中型和大型乘用车（B级和C级）的份额在过去十年中略有增长，仅在中期出现了短暂的下滑。尽管C级乘用车在整个车队中所占的比例并不大，在2021年的新车中仅占约6%，但与自身相比，新车注册量已经达到十年前的近四倍。（图2-2与图2-3）

2012-2021年累积销量前二十名的乘用车制造商占据了超过80%的市场份额。一汽大众（占2021年新车市场份额的8.9%）、上汽大众（7.2%）和上汽通用（6.3%）等一批最大的制造商的市场份额保持相对稳定，而一些原本规模相对较小的制造商，如华晨宝马，吉利和广汽丰田，则在过去十年膨胀了超过两倍，跻身重要市场成员之列。值得注意的是，比亚迪在2021年的销量显著增长，原因之一很可能是其开始专注于新能源汽车生产这一根本性的战略转变。另一方面，东风悦达起亚和东风标致雪铁龙与2012年销量水平相比都缩减了超过一半（图2-4和图2-5）。2021年，销量最高的三款车型分别是日产轩逸、大众朗逸、五菱宏光mini纯电版，而五菱宏光mini纯电版是销量前十名的车型中唯一一款纯电动车型（图2-6）。

¹ 本研究中的车型级别分类原则详见附录7.2。

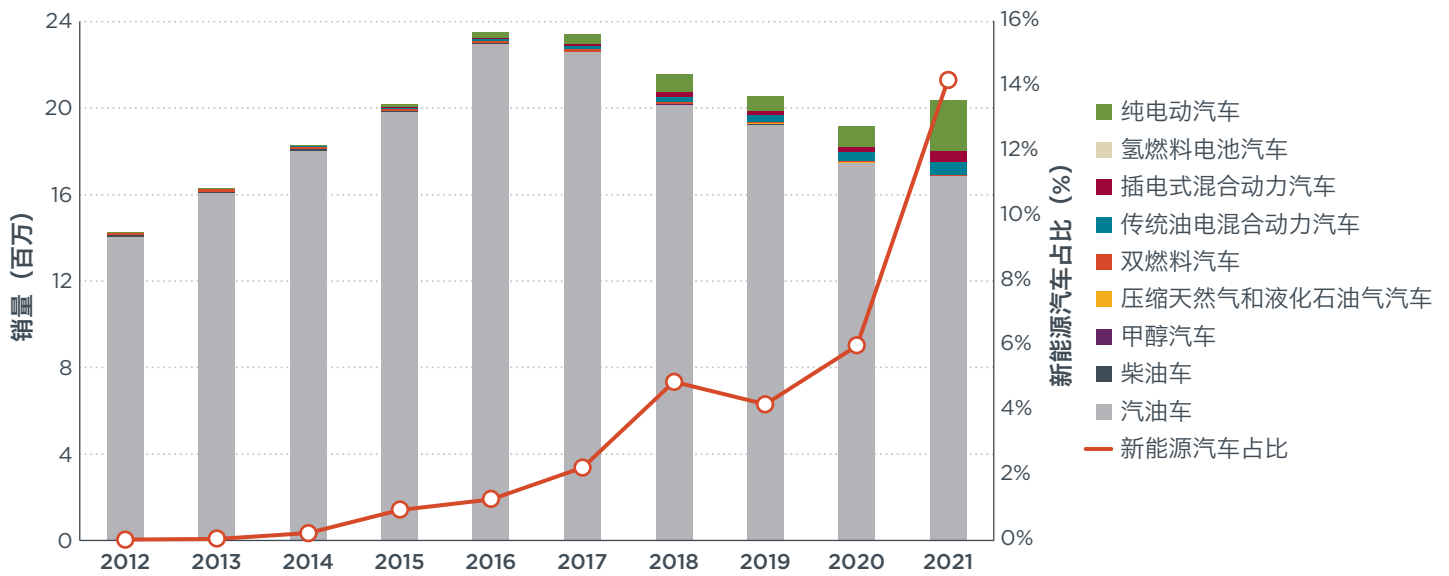


图2-1. 分燃料类型的乘用车历年新车销量及新能源汽车占比

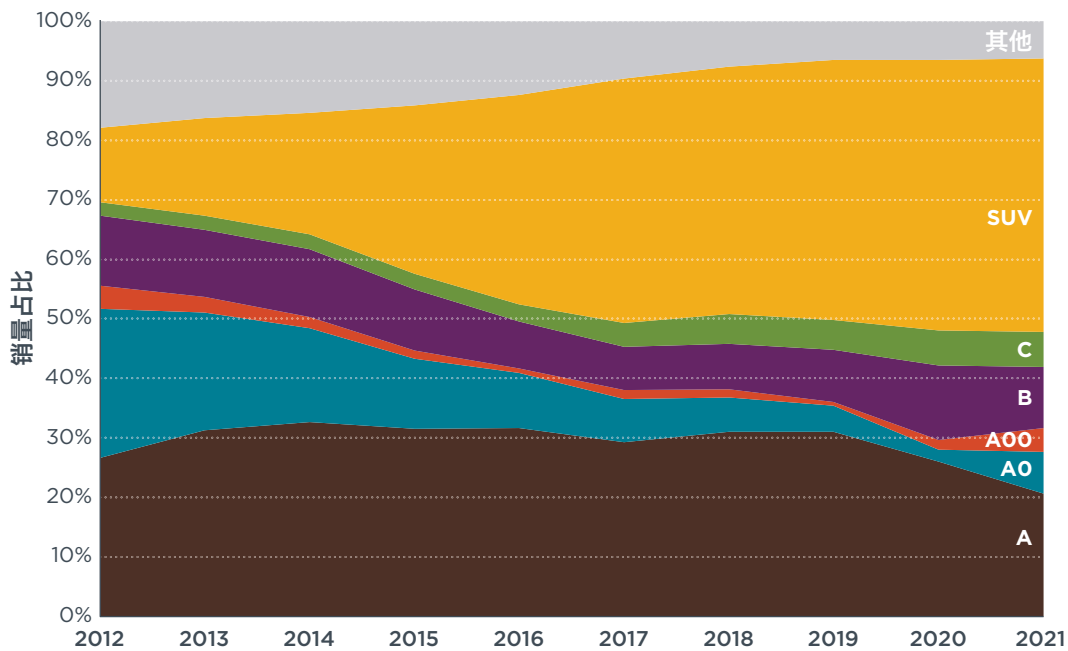


图2-2. 各级别乘用车历年销量占比

*此报告中的“其他”级乘用车包含了多功能乘用车（MPV）、交叉型乘用车、轻客和跑车。车型级别分类原则详见附录7.2

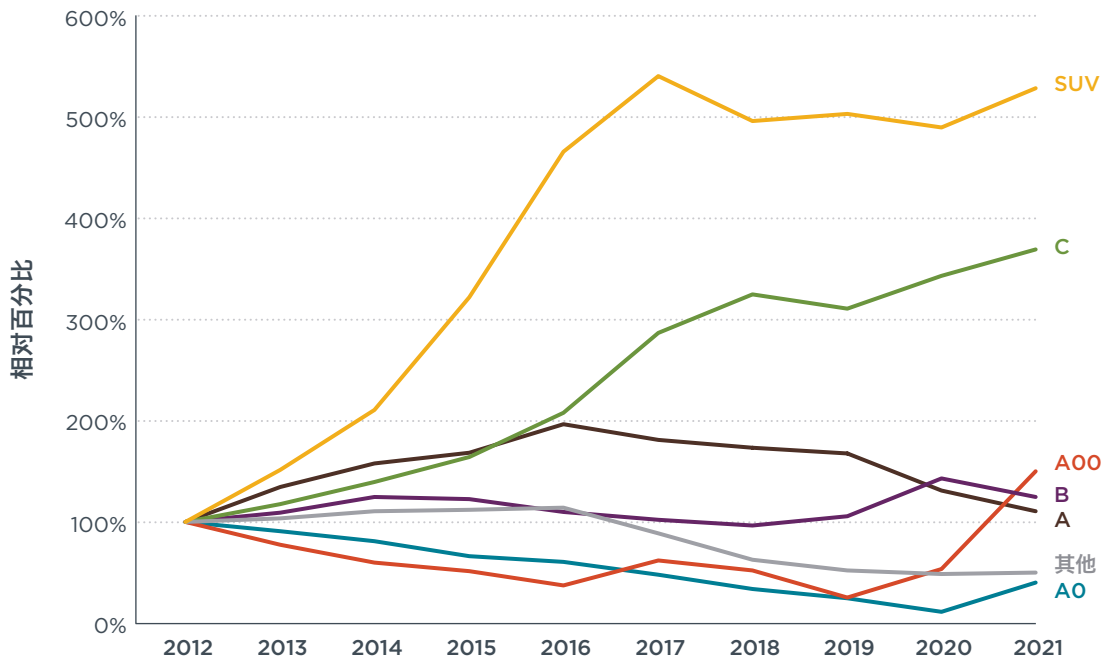


图2-3. 各级别乘用车历年销量 (以2012年水平为100%基线)

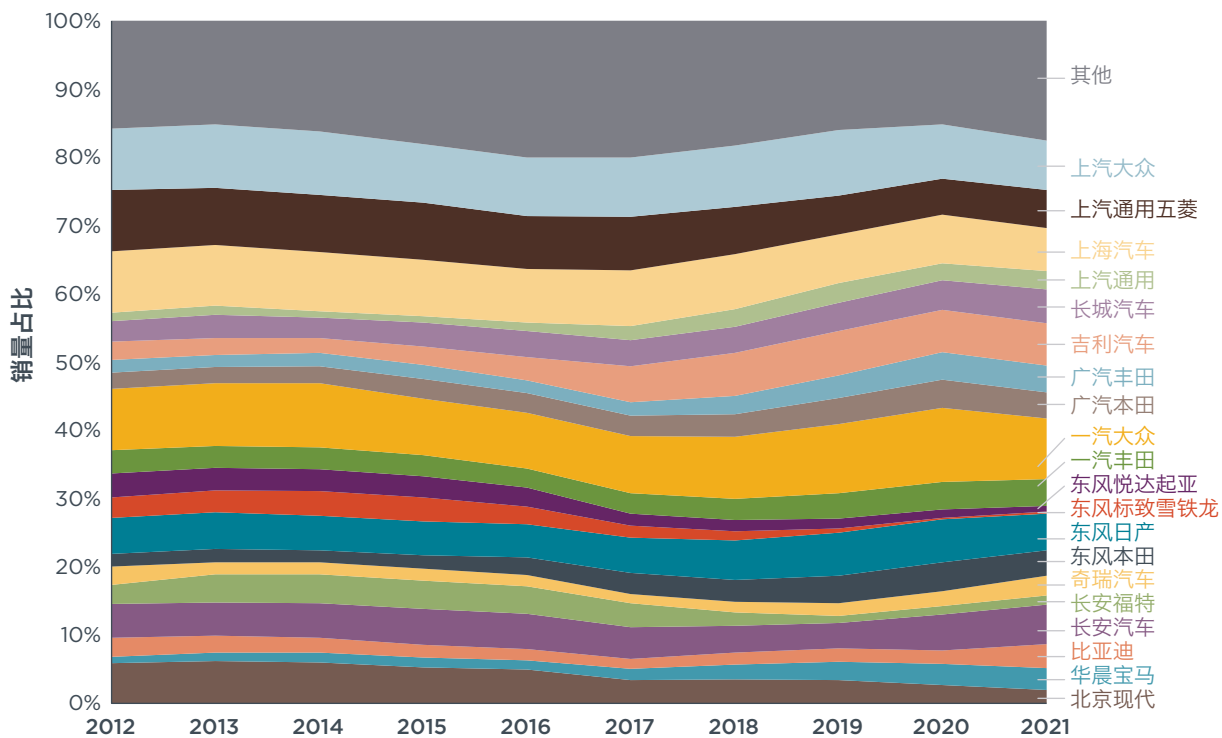


图2-4. 2012-2021年累计销量前二十名汽车制造商的历年销量占比

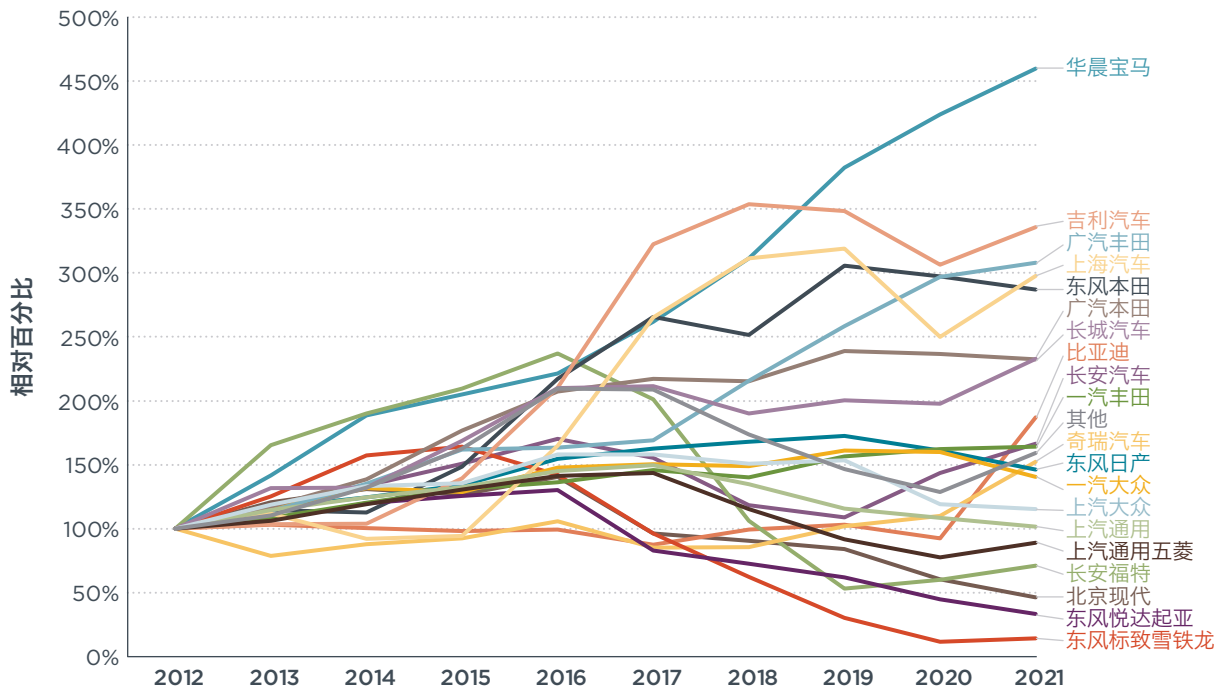


图2-5. 2012-2021年累计销量前二十名汽车制造商的历年销量 (以2012年水平为100%基线)

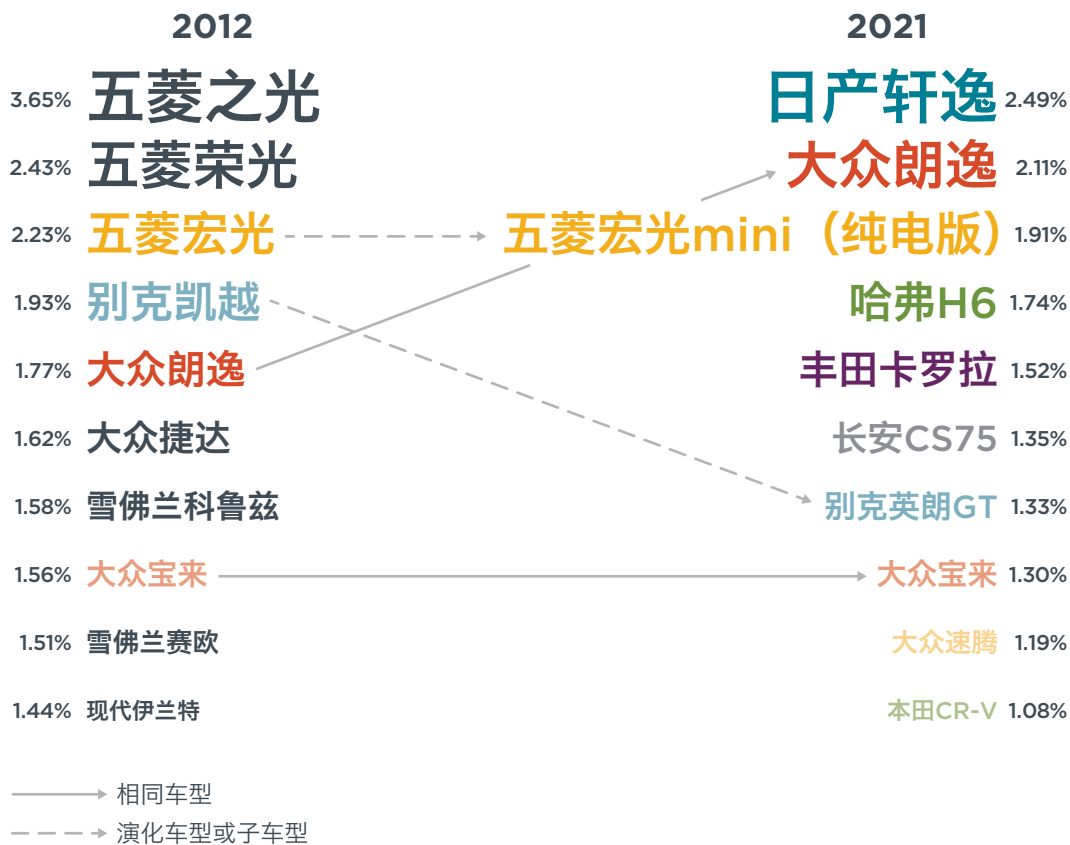


图2-6. 2012与2021年最畅销的前十名车型

在过去的十年中，最畅销的车型发生了显著更迭。2021年前十名车型的榜单上仅有四款车型曾出现在2012年的榜单上。此外，五菱宏光这一车型经过演化，开发了不同于原传统内燃机车型的独立纯电动车型——五菱宏光mini（纯电版）（图2-6）。

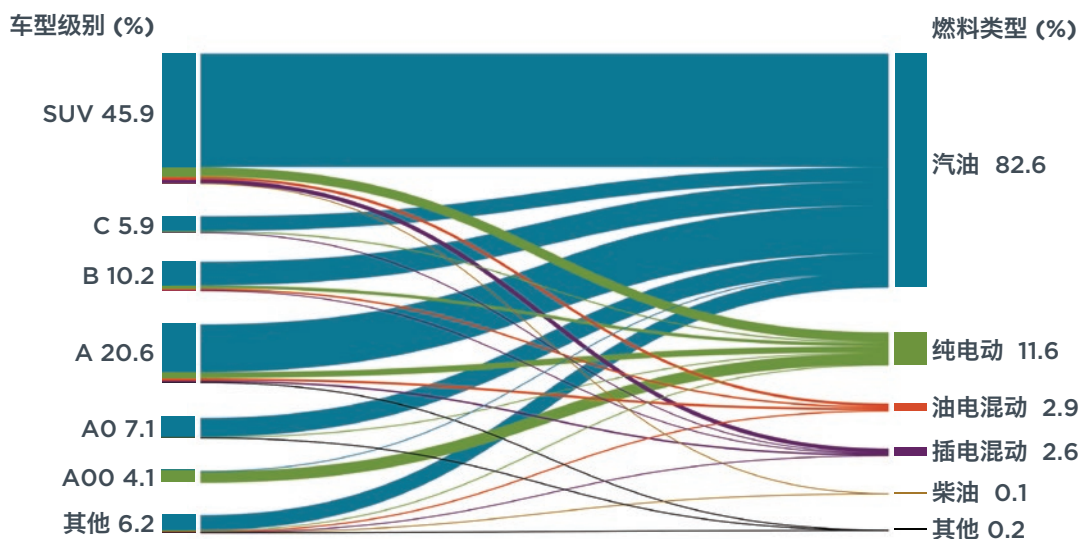


图2-7. 2021年各车型级别细分市场与动力系统/燃料类型的相互分布

在2021年新销售的乘用车中，占主导地位的是汽油车（82.6%），其次是纯电动汽车（11.6%）、传统混合动力汽车（2.9%），插电式混合动力汽车（2.6%）和柴油车（0.1%）。其他燃料类型，包括甲醇、天然气，液化石油气和双燃料，在车队中占比非常小（约0.2%）。除微型车（A00级）之外的所有汽车细分市场中，汽油车仍占据主导地位，但微型车市场在2021年已基本实现了全面电动化。A级和SUV级细分市场的电池电动技术渗透率也相对较高，分别达到10.4%和7.3%。这显示了不同级别细分市场中动力技术组合的重大差异，侧面反映了中国新能源汽车行业的发展历史。与覆盖各种消费需求的传统燃油汽车不同，新能源汽车最初立足于相对低端（微型车）和高端（SUV）的市场，然后逐渐从两端向中间渗透到其他主流汽车细分市场（图2-7）。²

² 关于新能源汽车在中国的历史发展，详见国际清洁交通委员会的另一篇报告：<https://theicct.org/publication/driving-a-green-future-a-retrospective-review-of-chinas-electric-vehicle-development-and-outlook-for-the-future/>

3. 二氧化碳排放趋势

本章从乘用车车队整体（图3-1和图3-2）、各车型级别（图3-4和图3-5）和各制造商（图3-6至图3-13）的层面入手，分析了乘用车二氧化碳排放率。

乘用车新车车队的实验室测试认证二氧化碳排放率（克/公里，转换为NEDC工况值）自2012年以来下降了18%，在2021年时达到129克/公里，年均下降约2.2%。得益于新能源汽车份额的大幅增长，2020年至2021年二氧化碳实现了十年间最大的年度降幅（9%）。二氧化碳排放率的降低是在车队趋向于更重、更高功率和更大发动机排量的背景下实现的——通常来讲，这些参数的增长往往会导致更高的二氧化碳排放率（图3-1）。不过，如图中的黄线所示，仅考虑内燃机车辆时，二氧化碳排放率在近些年的下降速度明显偏缓。2012至2019年，传统内燃机乘用车的二氧化碳排放率下降了13%，但此后二氧化碳排放率的曲线趋于平缓。并且，相比于实验室认证值，内燃机车辆的实际行驶二氧化碳减排更不乐观。正如图中的红线所示，随着时间的推移，内燃机车辆的型式核准认证排放值与实际道路二氧化碳排放率之间的差距不断扩大。这一差距在2019年时为32%，2020年时为35%，在2021年已达到37%。³

仅考虑汽油车时，基于销量加权平均后的二氧化碳排放率从172克/公里下降了12.2%，达到151克/公里；下降幅度比较缓和，年均下降约1.4%。然而，这些减排主要是在2019年之前实现的，最近的两年减排趋势陷入了停滞。其他燃料类型的乘用车则并未显示出显著而持续的二氧化碳排放率下降。自2016年以来，柴油车和传统混合动力汽车的二氧化碳排放率都分别以每年约1.3%的速度增长，到2021年时分别总计增长约8%。（图3-2）

我们还将中国乘用车的二氧化碳排放趋势置于全球范围内进行了比较。图3-3显示，在全球三个最主要的机动车市场，即美国、欧盟和中国，过去十年间乘用车的二氧化碳排放率都显著降低。三者的排放率水平起点不同，也以不同的速度下降。从2012年到2020年，美国乘用车二氧化碳排放率总共减少了15.8%，平均每年减少2.2%（截至本报告发布时，美国环保局尚未发布完整的2021年数据）。中国累计减排11%，年均减排1.5%。欧盟则为18%和2.5%。最近几年，美国乘用车（不包含轻型卡车）的平均二氧化碳排放率下降到和中国大致持平的水准（图3-3）。

从各个车型级别细分市场来看，总体上二氧化碳排放率都有所下降。SUV作为最受欢迎的细分市场，其二氧化碳排放率在十年间从194克/公里降低到144克/公里，即降低了25%，平均每年下降3.1%。A、B和C级乘用车的减排强度也大体相当。AO级的减排幅度则没有那么显著，其平均二氧化碳排放率从134克/公里减少到124克/公里，共减少7%。在2018年时，A00级车辆的二氧化碳排放率从前一年的

3 Ruoxi Wu, et al. *Evaluation of Real-World Fuel Consumption of Light-duty Vehicles in China: A 2021 Update*, (ICCT: Washington, DC, 2021), <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/12/fuel-consumption-lvs-china-update-sept21.pdf>. 注：上述报告在探讨中国乘用车型式核准认证二氧化碳排放率和实际行驶二氧化碳排放率（报告原文使用的是“燃料消耗量”概念）的差异值时考虑了插电式混合动力汽车。由于插电式混合动力汽车仅占乘用车车队的一小部分（2021年时占全体新车的2.6%，往年则更低），本研究假定插电式混合动力汽车不会显著影响车队二氧化碳排放率的型式核准认证值与实际行驶值之间的差异，并认为这种差异在仅探讨内燃机车队时也同样适用。如果未来插电式混合动力汽车的比例继续扩大，这种假定将变得不再适用，因为研究表明，仅对于插电式混合动力汽车而言，二氧化碳排放率的型式核准认证值和实际行驶值的差异水平甚至比传统内燃机汽车更加显著。详见以下报告：<https://theicct.org/publication/real-world-phev-use-jun22/>.

122克/公里骤降了87%，低至16克/公里，这主要是由于新能源汽车在该细分市场内快速普及（图3-4）。仅考虑传统内燃机汽车时，大部分车型级别细分市场在最近几年的二氧化碳减排进展都趋缓，这与内燃机车辆呈现出的整体态势是一致的。B级内燃机车辆的累计减排幅度最大，从2012年的191克/公里下降到2021年的142克/公里，总计下降26%。随后是SUV级（下降22.2%），A级（21.8%）和AO级（16%）。在2021年，AO级内燃机汽车的二氧化碳排放率出现了反弹，甚至反超了A级内燃机车辆（图3-5）。

汽车制造商的二氧化碳减排表现也体现了差异化的特征。主要制造商中，比亚迪的企业平均二氧化碳排放率下降最为显著，在过去十年中下降了60%，年均下降近9%。相反，上汽通用、奇瑞、长安和长安福特的二氧化碳排放率在十年间分别增加了25%、14%、4%和3%。一汽大众、上汽大众、东风日产等规模最大的制造商在二氧化碳减排方面的表现基本处于车队平均水平（图3-6）。当不考虑新能源汽车时，广汽丰田的二氧化碳排放率降低最为显著，从202克/公里降低到133克/公里，减排幅度达到了34%。随后是一汽丰田（减排32%），东风标致雪铁龙（22.5%）和上汽（22.3%）。仅计算内燃机车时，一汽丰田的平均二氧化碳排放率在排名前二十的制造商中最低，在2021年时为126.4克/公里（图3-7）。

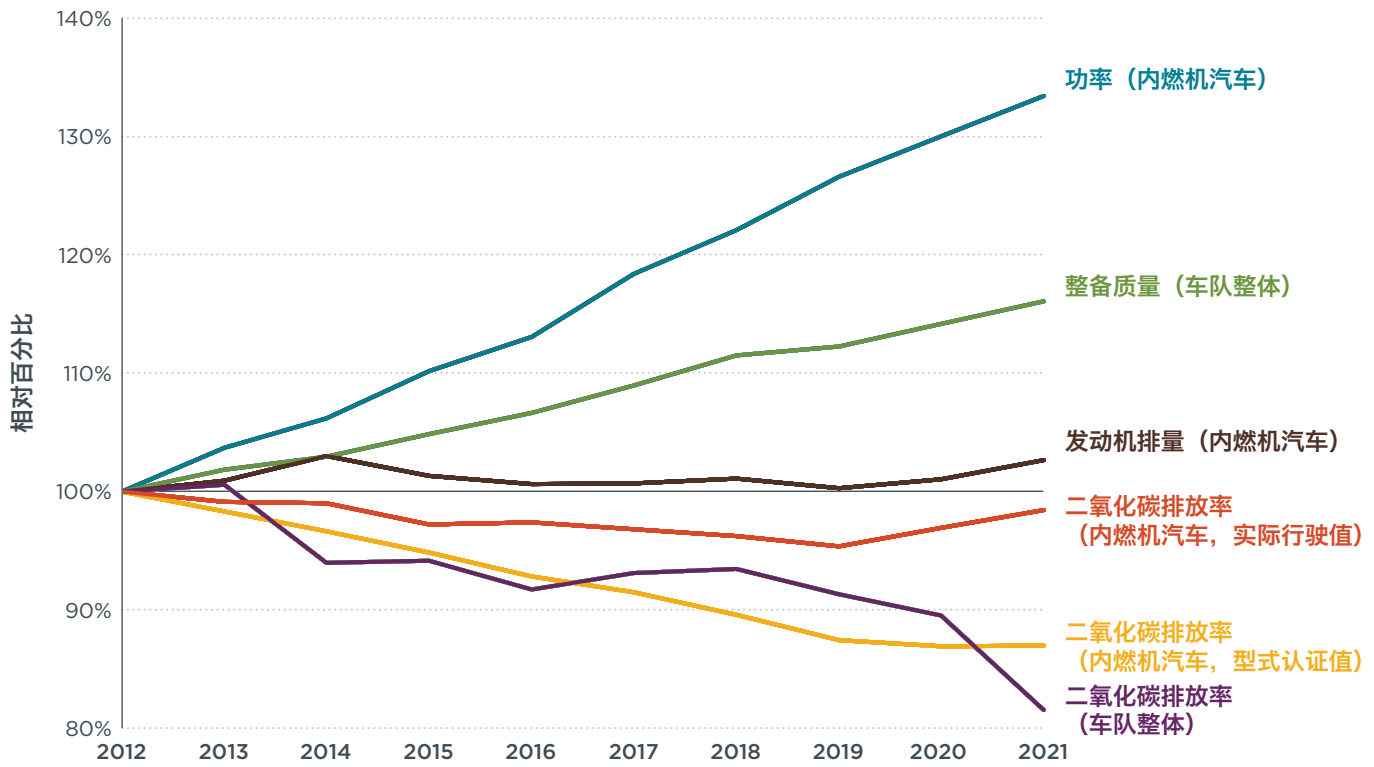


图3-1. 乘用车部分物理参数及二氧化碳排放率变化趋势 (以2012年水平为100%基准线)

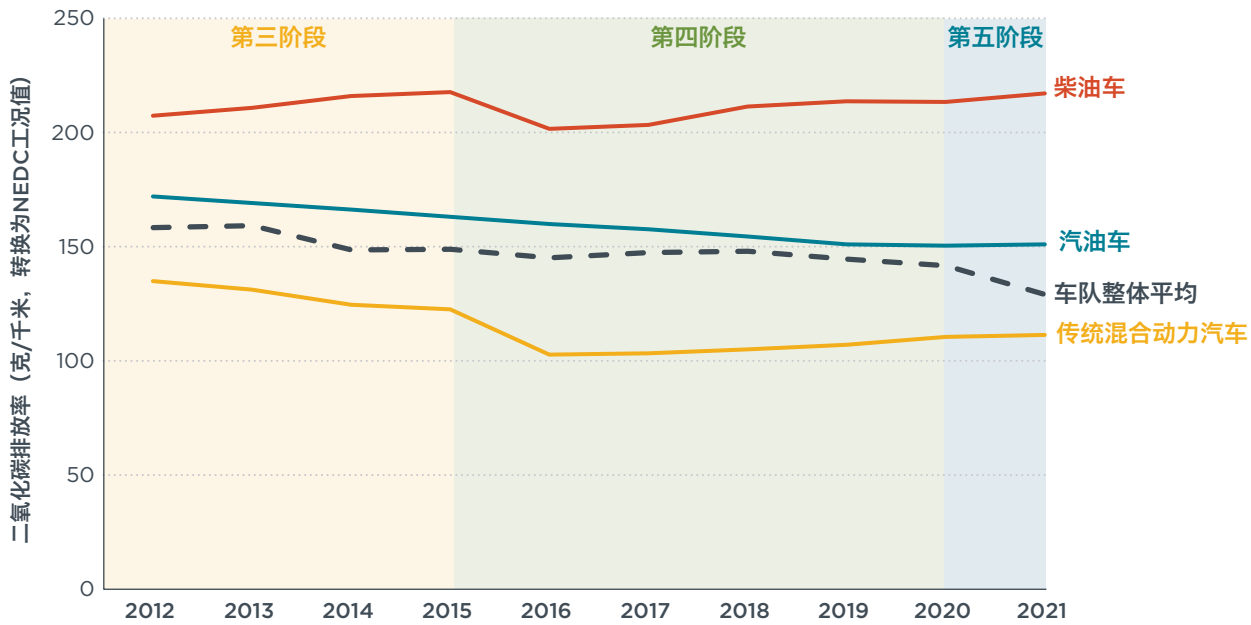


图3-2. 各燃料类型乘用车的二氧化碳排放率变化趋势, 及中国燃料消耗量标准阶段

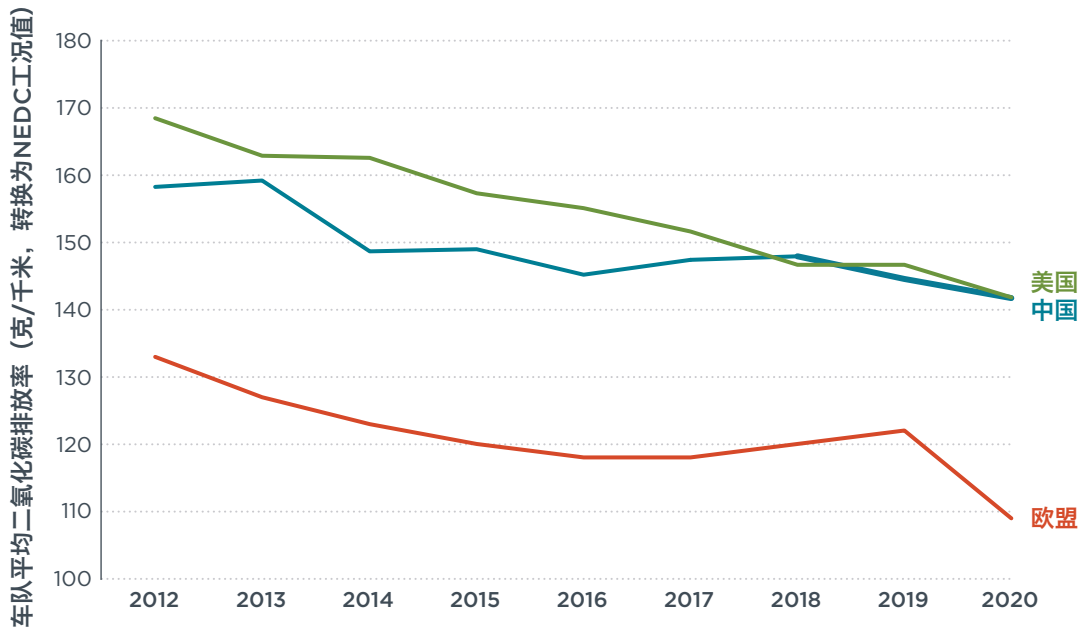


图3-3. 美国, 中国和欧盟乘用车车队平均二氧化碳排放率变化趋势

*美国乘用车二氧化碳排放率结果从美国 EPA (环保局) 工况值换算为 NEDC 工况值。中国和欧盟乘用车二氧化碳排放率的原始数据以 NEDC 工况值结果为主, 原始数据中包含的少量 WLTC 工况值结果, 也已被转换为 NEDC 工况值以确保可比性。

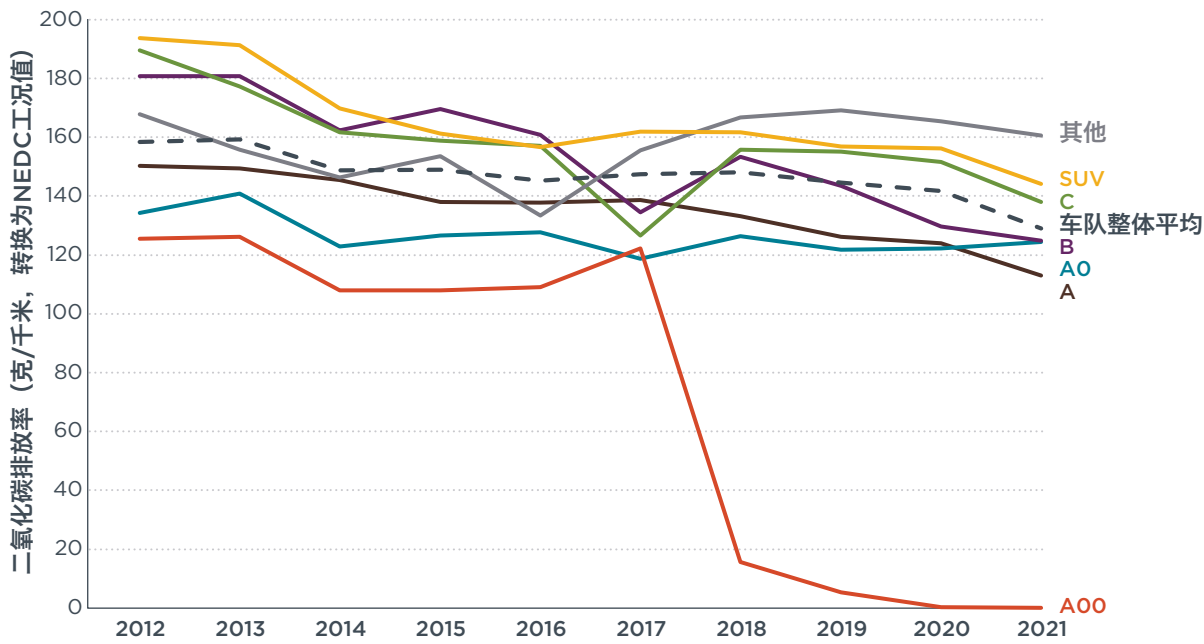


图3-4. 各车型级别的平均二氧化碳排放率变化趋势 (传统内燃机汽车和新能源汽车合并分析)

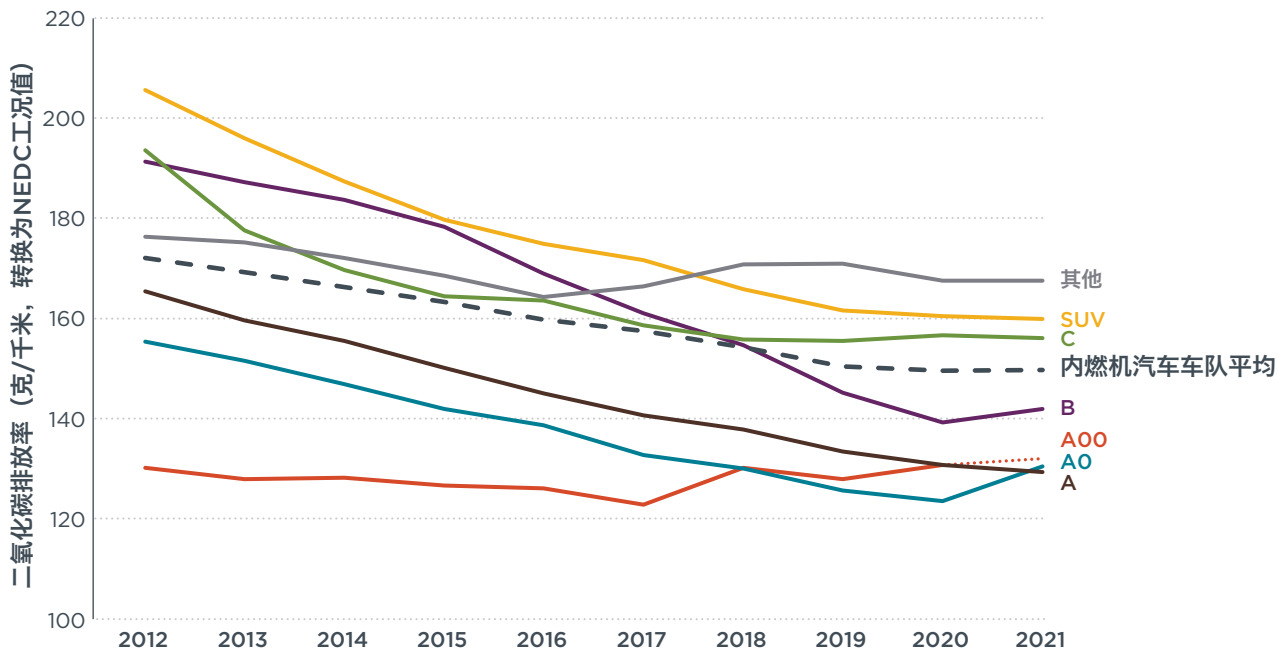


图3-5. 各车型级别的平均二氧化碳排放率变化趋势（仅内燃机汽车）

*由于A00级乘用车在2021年时已基本实现全面电动化，A00级在2021年的数据点仅代表了极少数A00级内燃机乘用车的情况，并不具有显著的参考意义，因此A00级2020-2021年间的线段以虚线画出。

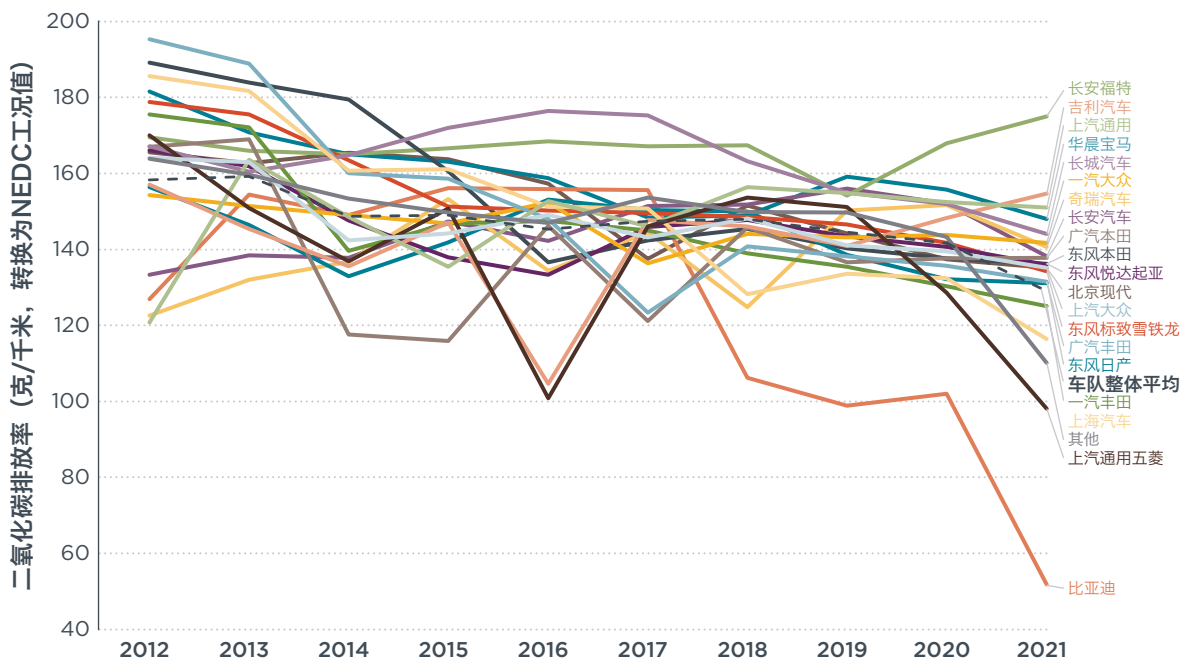


图3-6. 各制造商的企业平均二氧化碳排放率变化趋势（传统内燃机汽车和新能源汽车合并分析）

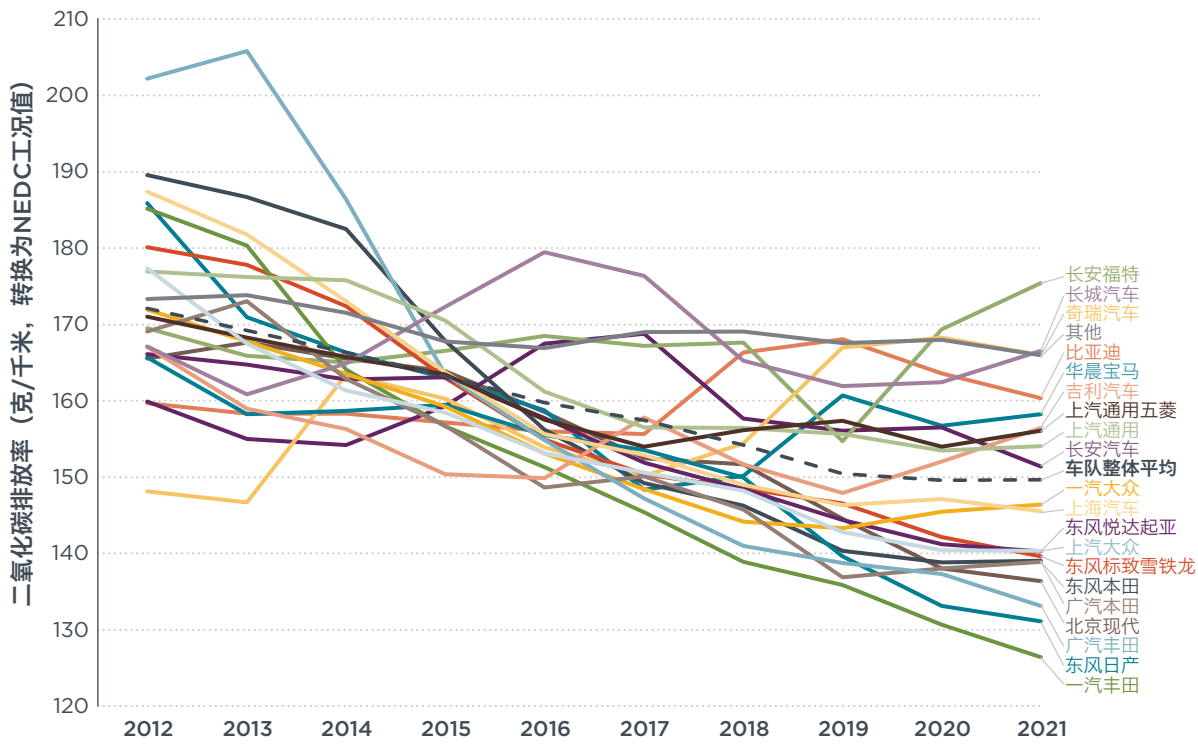


图3-7. 各制造商的企业平均二氧化碳排放率变化趋势 (仅内燃机汽车)

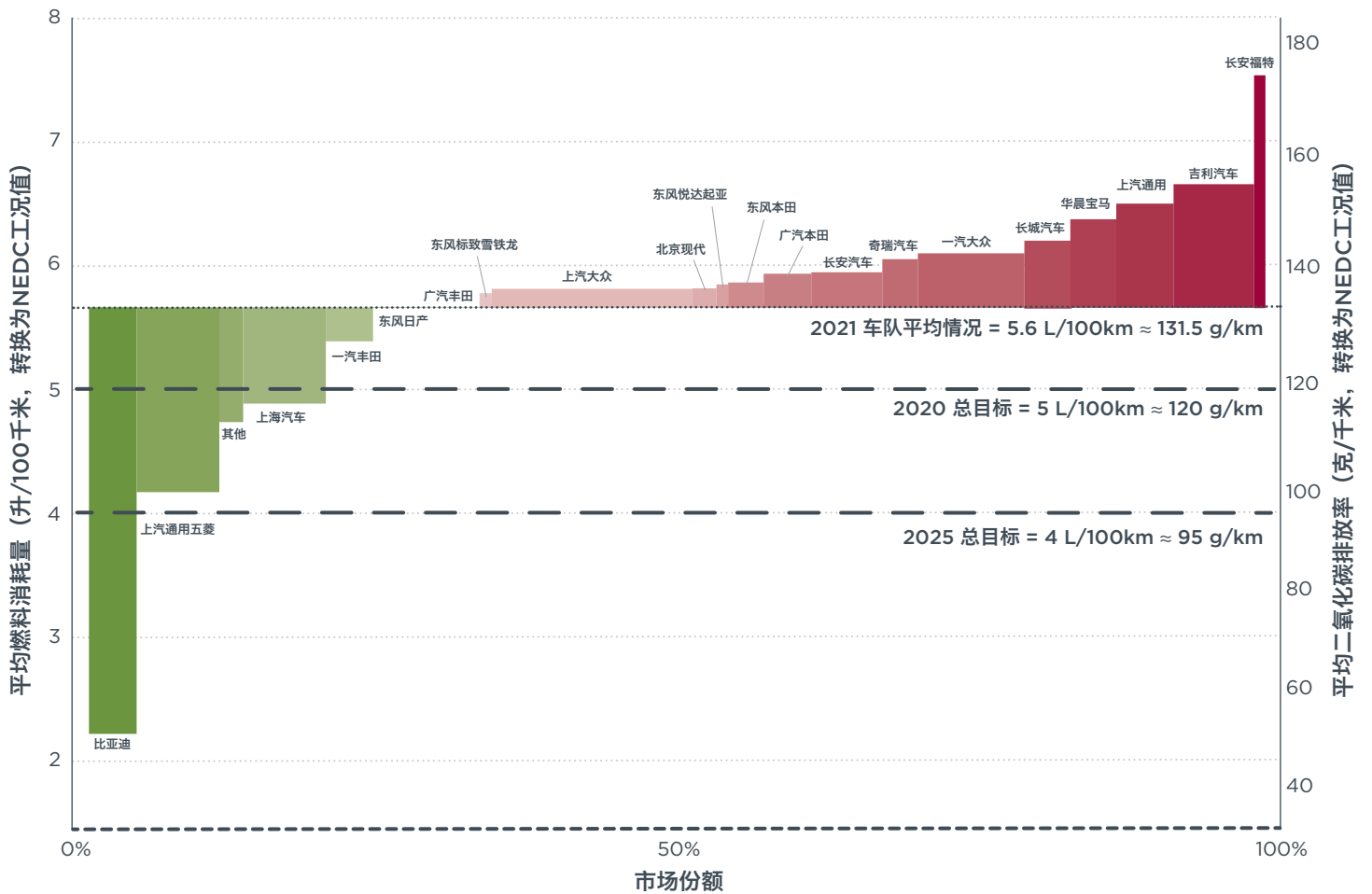


图3-8. 2021年主要制造商企业平均燃料消耗量、企业平均二氧化碳排放率以及销量占比 (传统内燃机汽车和新能源汽车合并分析)

中国计划到2020年和2025年时分别将车队平均燃料消耗量控制在5 L/100km 和 4 L/100km, 大致相当于120g/km 和95 g/km 的二氧化碳排放率。⁴ 2021年, 车队整体平均二氧化碳排放率实际约为131.5克/公里。各制造商的排放水平差异很大, 2021年排名靠前的制造商中, 比亚迪 (51.8克/公里)、上汽通用五菱 (98克/公里)、上海汽车 (116.4克/公里)、一汽丰田 (125.1克/公里) 的企业平均排放率最低; 另一端, 长安福特 (175克/公里)、吉利汽车 (154.7克/公里)、上汽通用 (151克/公里) 和华晨宝马 (148.1克/公里) 的排放率则最高 (图3-8)。

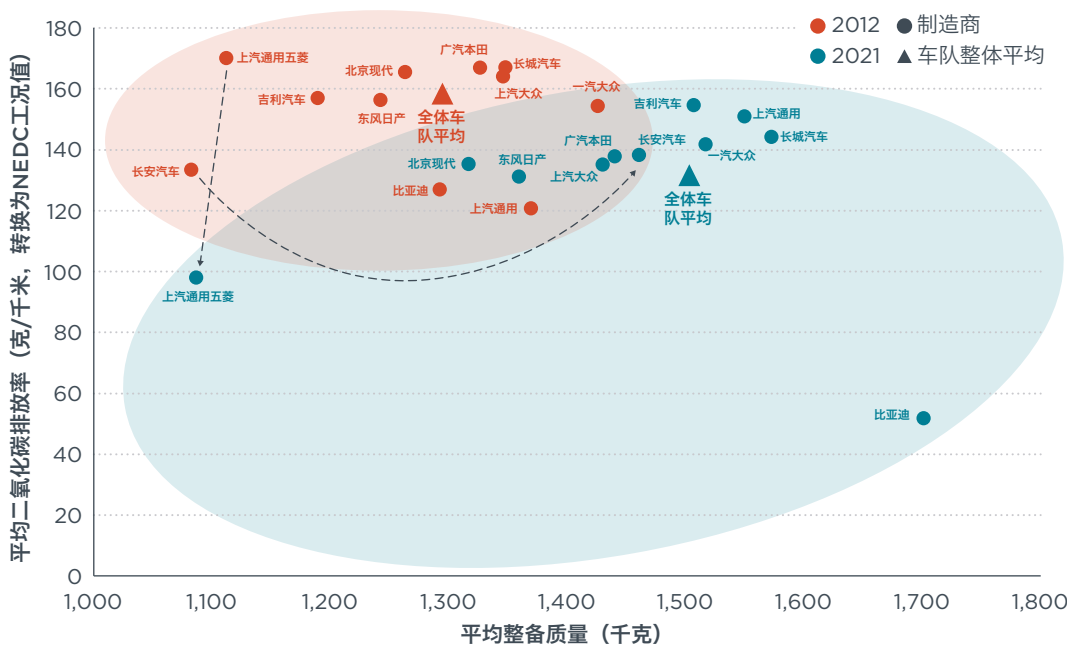


图3-9. 2012年与2021年, 基于销量加权的企业平均二氧化碳排放率和平均整备质量

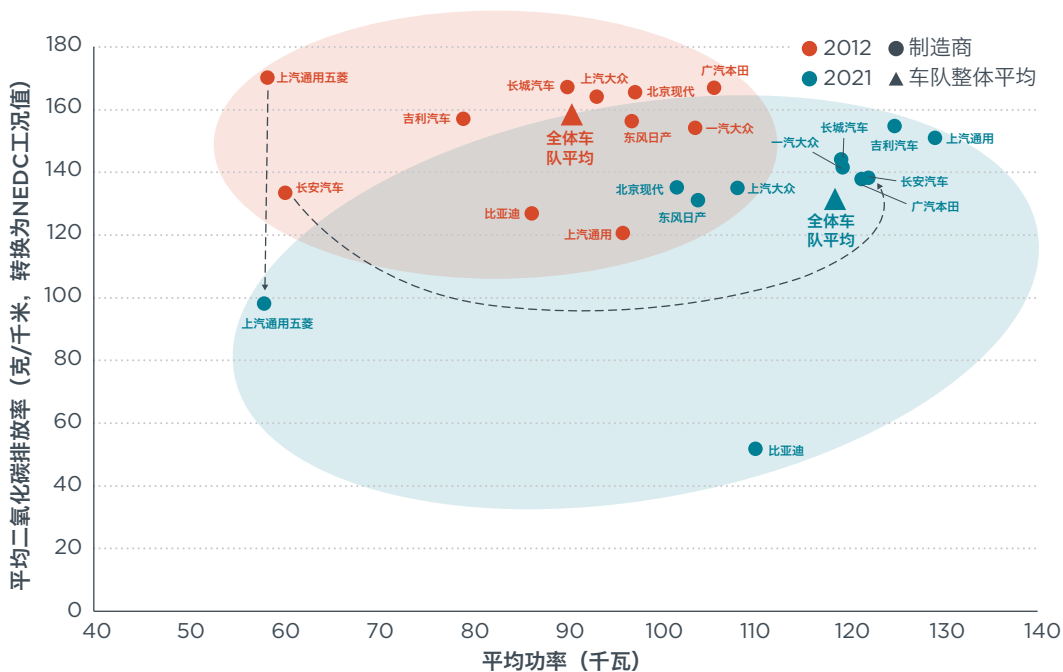


图3-10. 2012年与2021年, 基于销量加权的企业平均二氧化碳排放率和平均功率

4 详见GB 27999-2014和GB 27999-2019。

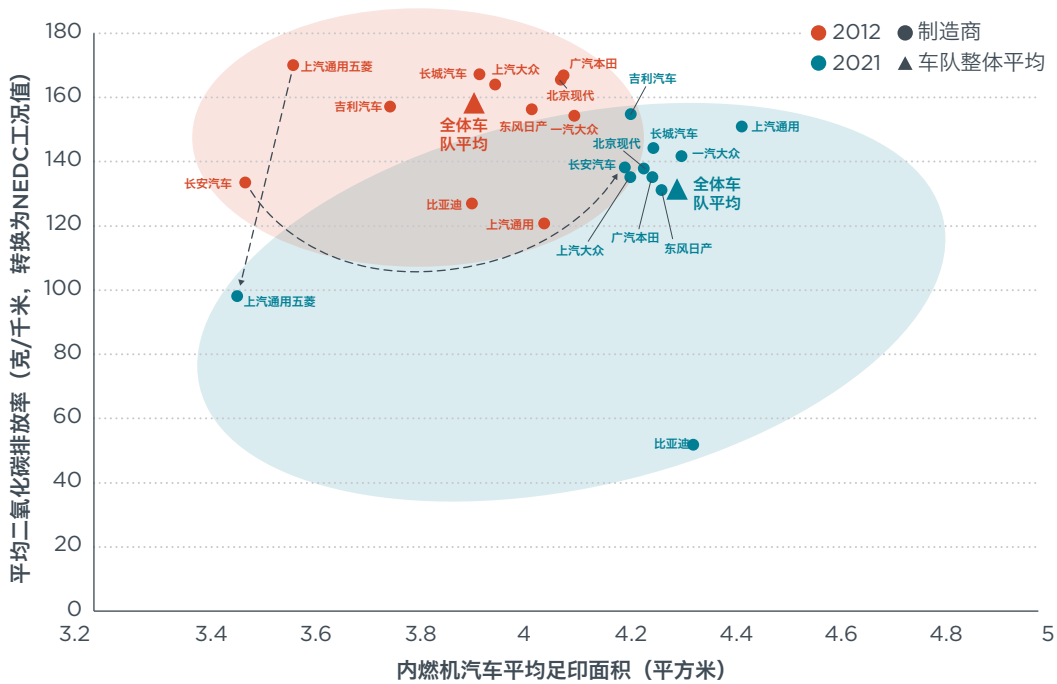


图3-11. 2012年与2021年，基于销量加权的企业平均二氧化碳排放率和内燃机汽车平均车辆足印面积

我们研究了主要厂商的二氧化碳排放率与车辆重要物理参数如何随时间变化。图3-9至图3-11显示，尽管车辆质量、功率和尺寸（以车辆足印面积衡量）有所增加，车队平均二氧化碳排放率显著下降。各个制造商也采用了不同的定位和策略。例如，上汽通用五菱在不显著增加车辆质量、功率和尺寸的情况下，将其车队的平均二氧化碳排放率从170克/公里降低到100克/公里，而长安则在保持二氧化碳排放率基本不增长的前提下，将车队平均整备质量从1080千克提高到1460千克，功率从60千瓦提高到122千瓦，并将内燃机车辆的平均足印面积从3.5平方米提高到4.2平方米。

中国乘用车燃料消耗量监管标准自2005年首次出台以来日趋严格。图3-12展示了中国以车辆整备质量为参考指标进行划定的第一至第五阶段燃料消耗量监管标准。在第一和第二阶段，法规为每辆单车都设定了最高燃料消耗量限值。第三阶段开始，转向采用企业平均的衡量方法和管理模式。法规还为常规结构车辆和特殊结构车辆（通常以座位排数进行衡量）制定了不同的标准曲线，对特殊结构车辆的燃料消耗量要求往往更加宽松。现行的第五阶段标准于2021年起生效，其从NEDC工况框架转变为WLTC工况框架。

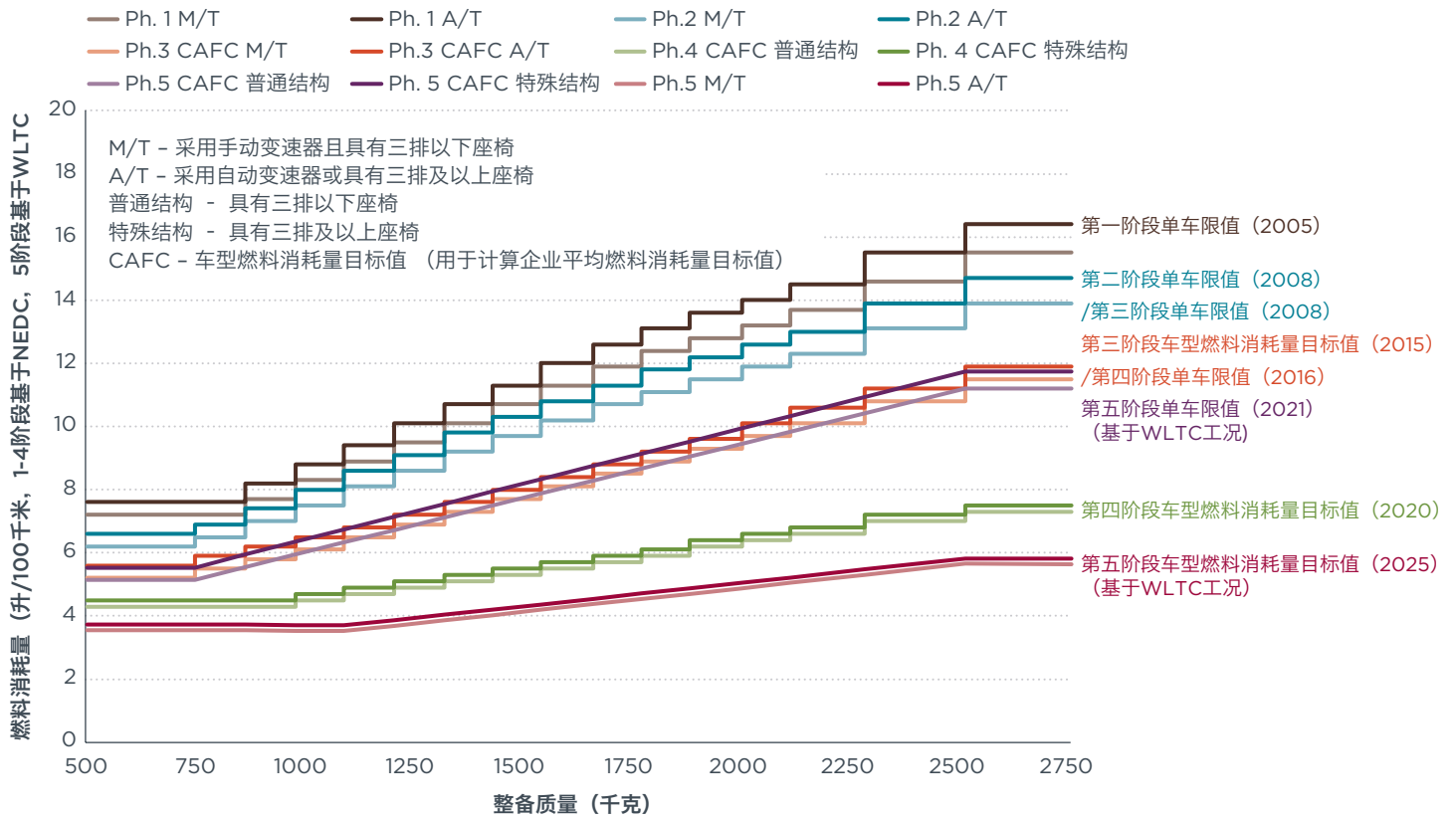


图3-12. 中国乘用车新车燃料消耗量标准历史演化

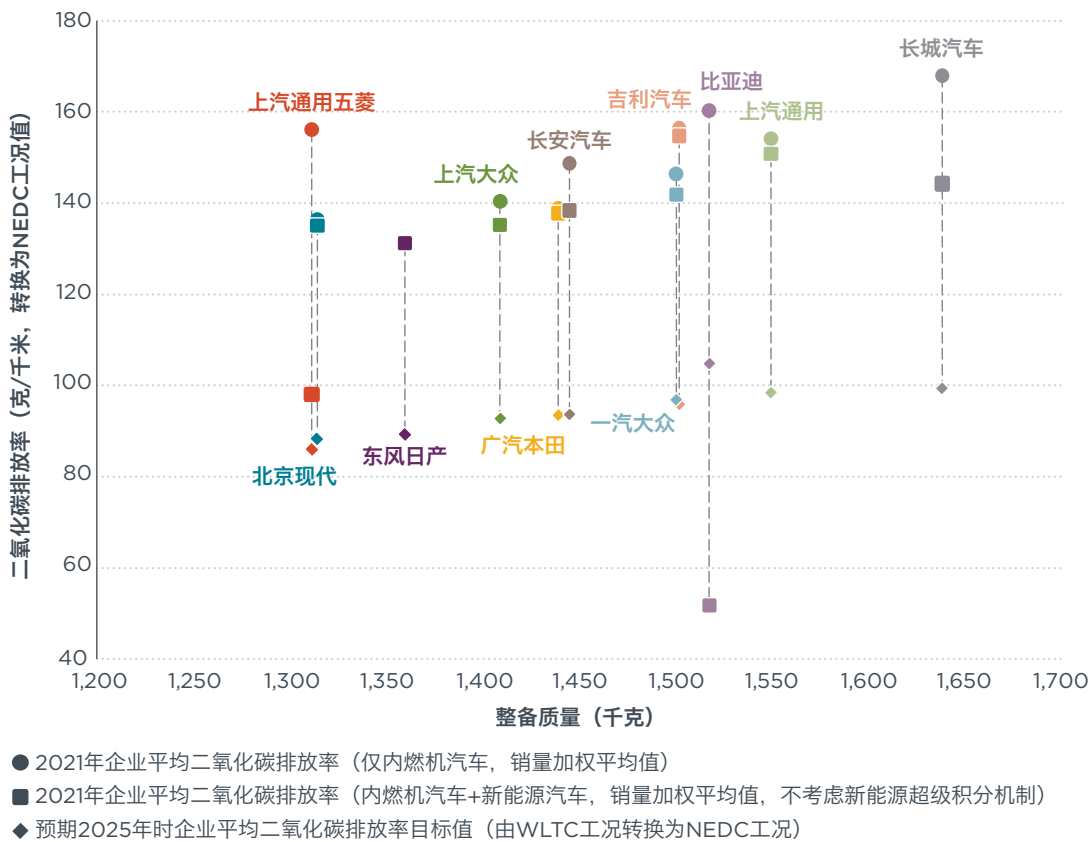


图3-13. 2021年主要制造商企业平均二氧化碳排放率，以及与各自2025年预期企业目标值的差距

图3-13展示了主要汽车制造商当前的车队平均二氧化碳排放率在考虑新能源汽车和不考虑新能源汽车时的差距，图中的菱形点则表示2025年时企业将面临的监管目标水平（假设每个厂商2025年与2021年的产品结构相同）。虽然大多数厂商都还需进一步努力才能达标，但比亚迪和上汽通用五菱已经超前达成2025年目标或接近该目标，这两家厂商的新能源汽车生产比例都较高。

当前，在对企业平均二氧化碳排放率进行合规核算时，会对每款新能源汽车的销量乘以一个大于1的系数，从而给予新能源汽车销售“超级积分”。这会在名义上放大每辆新能源汽车对二氧化碳排放的抵消效应。此外，依据目前法规，企业合规核算出的实际二氧化碳排放率可以略高于其合规目标，但在每个特定年份都不能超过规定的百分比。这种缓冲空间将逐渐缩小，并在2025年时连同新能源“超级积分”机制一并取消。届时，所有制造商都须严格满足其二氧化碳排放率目标值。

4. 主要车辆物理参数趋势

本章主要研究了乘用车的一些主要物理参数的历史变化趋势，这些参数包括能够反映车辆性能的额定功率、质量、发动机排量和足印面积。图4-1比较了中国、美国和欧洲车队的物理参数变化趋势。同时，我们还从不同细分市场（图4-2至图4-5）和汽车制造商（图4-6至图4-9）层面入手，对变化趋势进行了分析。

美国乘用车车队的平均发动机排量显著下降，中国和欧盟则维持相对稳定。相较于中国和欧盟的乘用车，美国乘用车整体上体积更大、质量更大、动力更强。与美国和欧盟相比，中国乘用车在功率、质量和足印面积上的增长更快。在三个市场数据都较完备的2012-2020年，中国乘用车车队平均整备质量从1295千克增加到1478千克，共增长14.1%，年均增长1.7%。相比之下，欧盟的行车质量从1402千克增加到1457千克，共增长了3.9%，年均增长0.5%。美国的增长则更加缓慢，但其基线值本身也较大（图4-1）。

中国乘用车的大多数细分市场中，内燃机车辆的平均功率都有所增加。其中，SUV级车辆的平均功率增长了11%，从2012年的117千瓦增加到2021年的131千瓦，年均增长约1.3%。包含了MPV、交叉型乘用车、轻客和跑车的“其他”类乘用车的平均功率增长最为显著。从2012年到2021年，该细分市场的功率从65千瓦增加到109千瓦，总计增长68%，年均增长5.9%。在将传统内燃机汽车和新能源汽车合并考虑时，总体趋势基本不变，但A00级车的平均功率呈下降趋势，因为动力相对更小的纯电动汽车在该细分市场占据主导地位（图4-2）。

与功率变化相比，各细分市场整备质量的增长更加平缓。“其他”类车的整备质量增长仍然最为显著。这些车辆的质量每年平均增长3.3%，十年间共增长34%，从约1200千克增加到近1600千克，先后超越A0、A、B级，直至在2021年时超过了SUV级的平均质量。同样，当探讨范围扩大到所有内燃机和新能源汽车时，总体趋势也基本不变（图4-3）。

随着时间的推移，不同细分市场的内燃机汽车平均发动机排量的差异逐渐缩小。自2012年以来，C级和SUV等较大型车辆的平均排量减少较为显著，达到17-18%（年均1.8%-1.9%），而一些较小型车辆的排量则或是以更缓慢的速度下降，或是基本保持不变。与其他细分市场不同的是，A00级车（到2021年仅有极少量内燃机车）和“其他”类车的发动机排量在十年间增加了20%-30%（每年2%-3%）（图4-4）。

在内燃机汽车中，主要车型级别细分市场的平均组印面积都略有增长。“其他”类车的足印面积从3.6平方米增长了22%。达到了4.4平方米，年均增长2.2%，反映出这类车辆向配备更大的内部空间和更强功能性发展的市场偏好趋势（图4-5）。

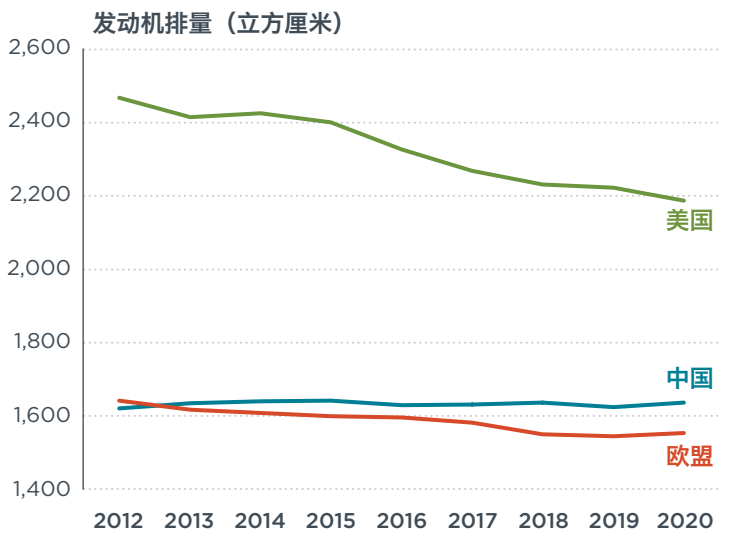
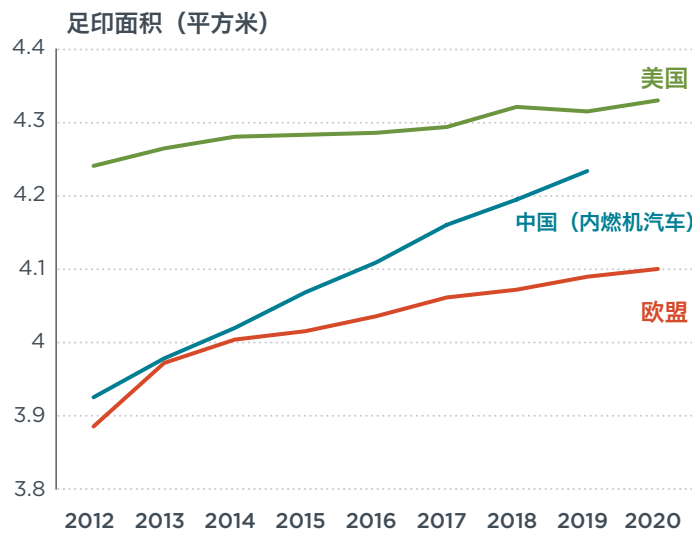
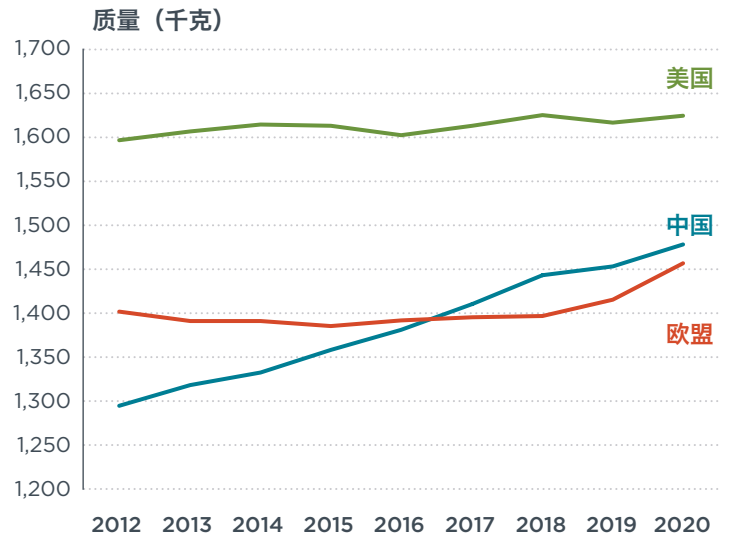
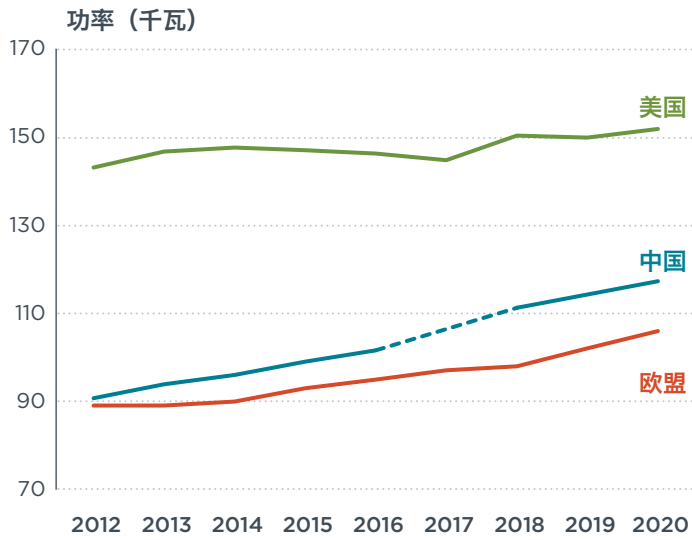


图4-1. 中、美、欧车队平均功率, 质量, 足印面积和内燃机车辆发动机排量变化趋势对比 (销量加权平均)

*由于数据可获得性原因, 暂未提供中国2017年的车队平均功率数据。2016年和2018年的数据点用虚线连接, 以模拟可能的趋势。并且, 对于中国, 只提供了2012-2019年内燃机车辆足印面积的数据。表示车辆质量的图中, 中国和美国采用了整备质量数据, 欧盟采用了行车质量数据。

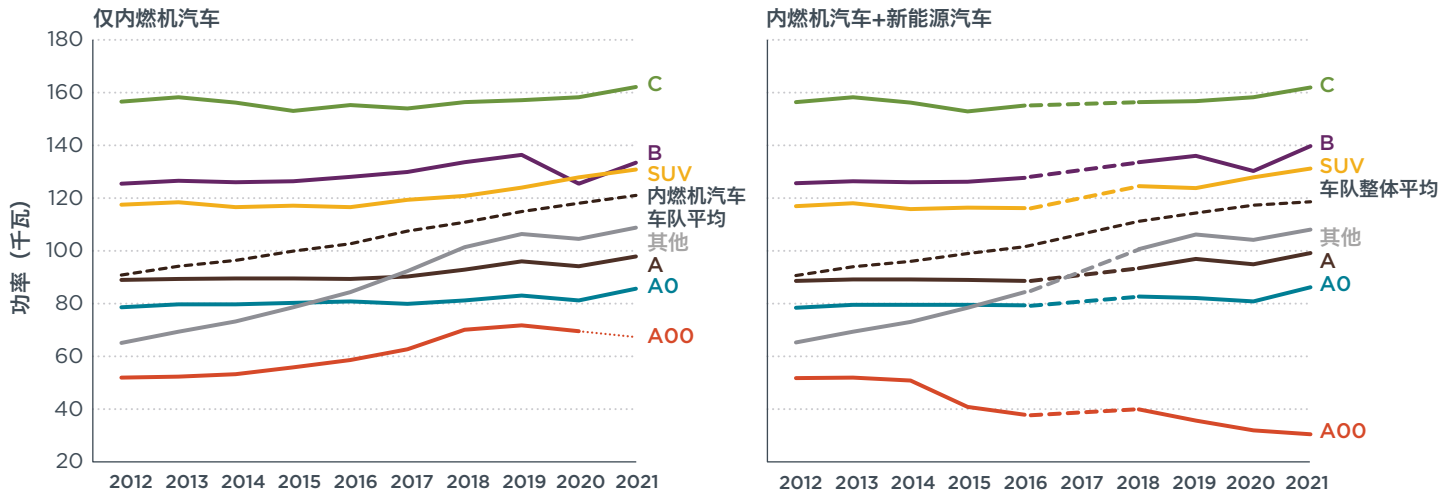


图4-2. 各车型级别的销量加权平均功率变化趋势

*由于A00级乘用车在2021年时已基本实现全面电动化，左侧“仅内燃机汽车”的图表中A00级在2021年的数据点仅代表了极少数A00级内燃机乘用车的情况，并不具有显著的参考意义，因此A00级2020-2021年间的线段以虚线画出。由于新能源汽车数据可获得性的原因，暂未提供全燃料类型（右侧图表）各车型级别2017年的平均功率数据。2016年和2018年的数据点用虚线连接，以模拟可能的趋势。

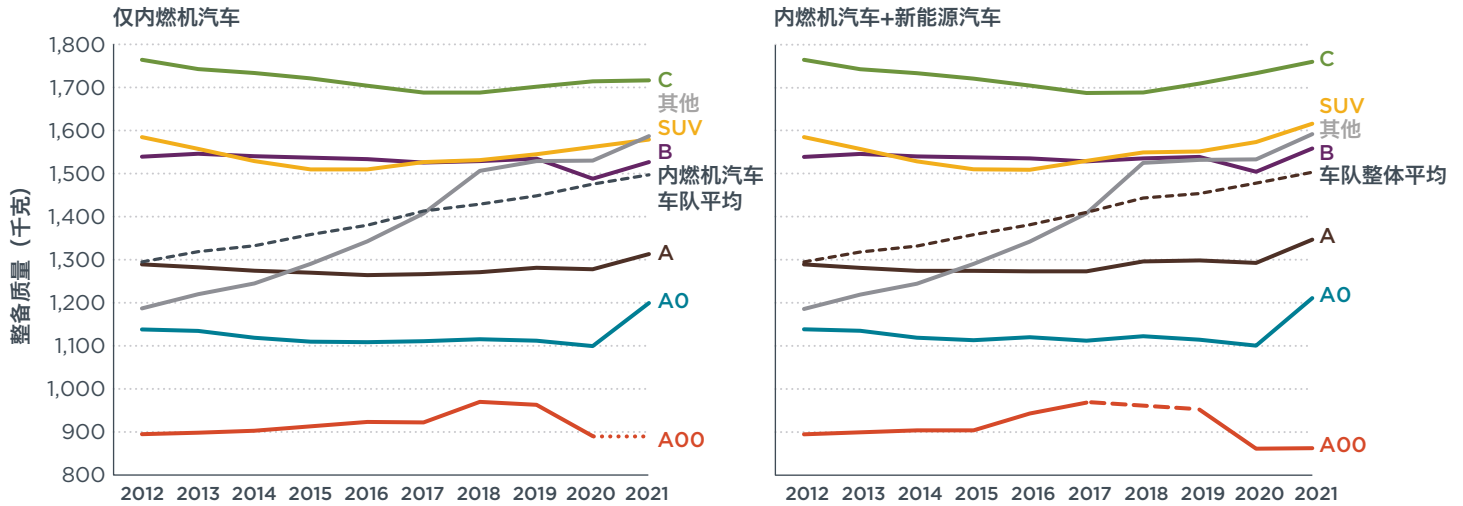


图4-3. 各车型级别的销量加权平均整备质量变化趋势

*由于A00级乘用车在2021年时已基本实现全面电动化，左侧“仅内燃机汽车”的图表中A00级在2021年的数据点仅代表了极少数A00级内燃机乘用车的情况，并不具有显著的参考意义，因此A00级2020-2021年间的线段以虚线画出。由于数据可靠性原因，暂未提供全燃料类型（右侧图表）A00级2018年的平均整备质量数据。2016年和2018年的数据点用虚线连接，以模拟可能的趋势。

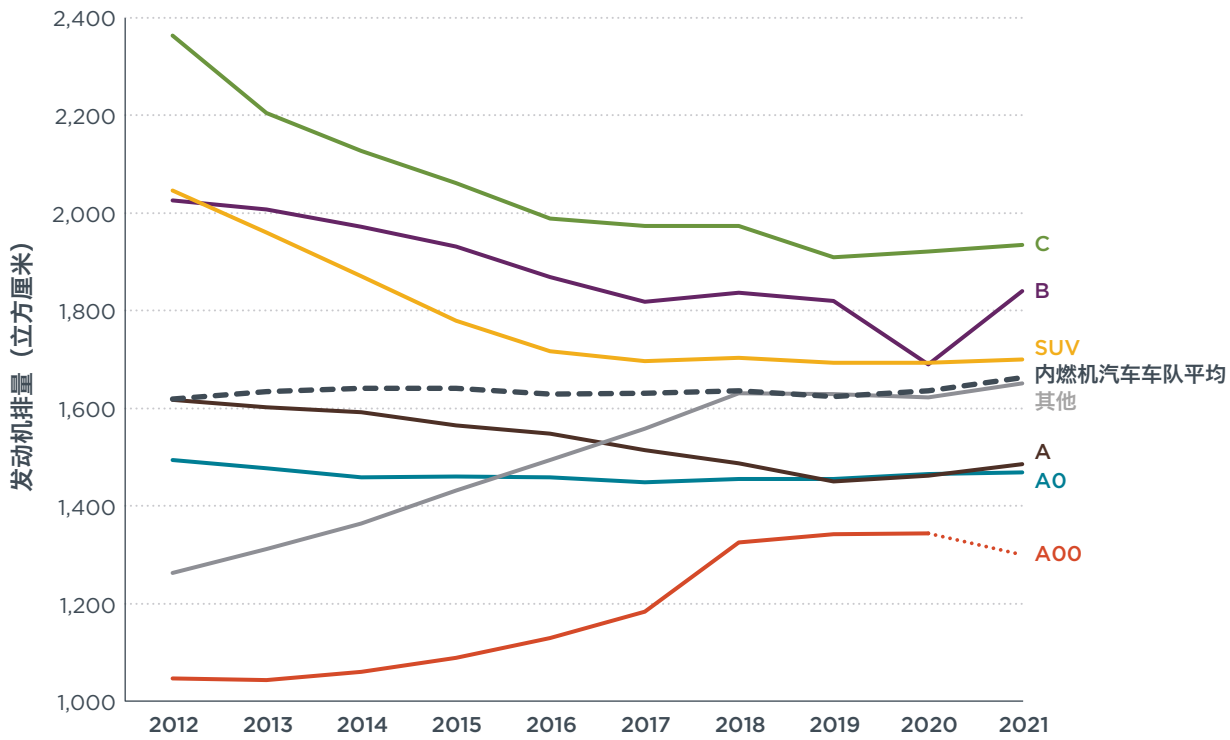


图4-4. 内燃机乘用车各车型级别的销量加权平均发动机排量变化趋势

*由于A00级乘用车在2021年时已基本实现全面电动化，A00级在2021年的数据点仅代表了极少数A00级内燃机乘用车的情况，并不具有显著的参考意义，因此A00级2020-2021年间的线段以虚线画出。

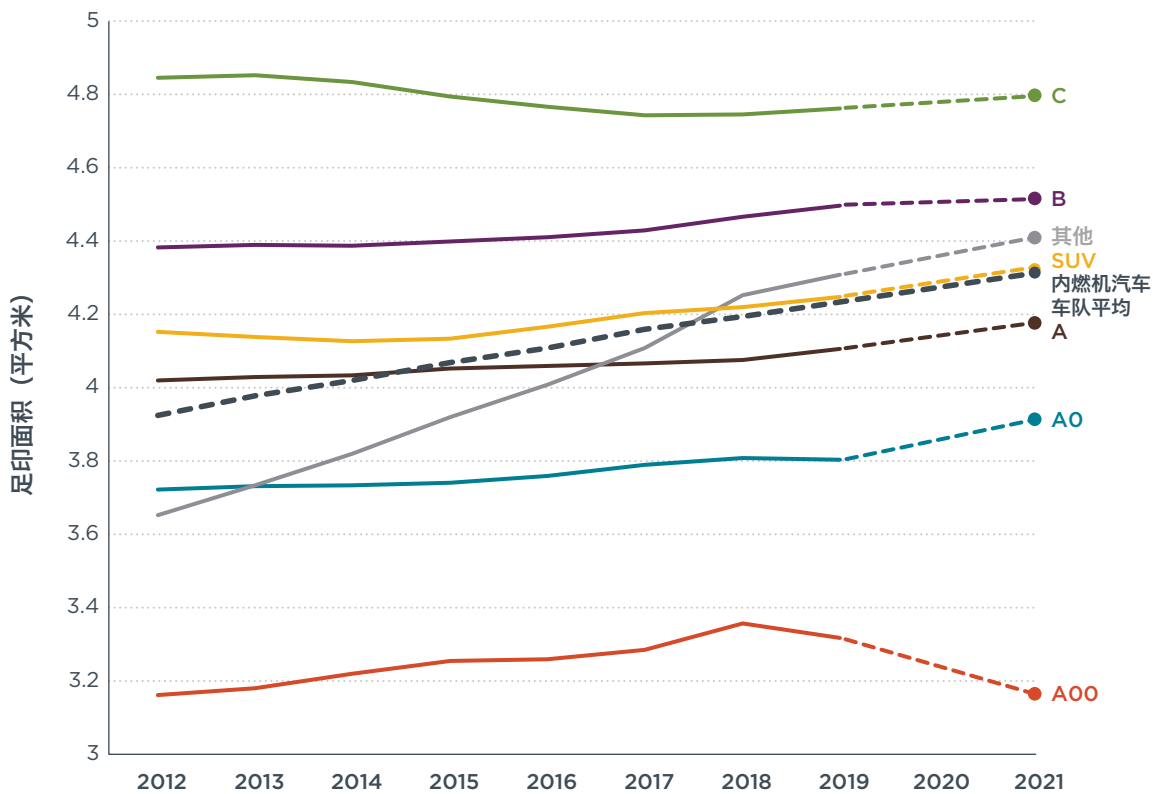


图4-5. 内燃机乘用车各车型级别的销量加权平均足印面积变化趋势

由于数据可获得性原因，暂未提供各车型级别2020年的平均足印面积数据。2019年和2021年的数据点用虚线连接，以模拟可能的趋势。

相较于按车辆级别分析, 在主要制造商的层面上, 车辆功率、整备质量和尺寸(足印面积) 的增长趋势更为明显。这在一定程度上是由于主要厂商对市场需求的反应更加敏锐, 也往往专注于服务最具代表性的消费者群体。近年来, 诸如上海通用五菱等一些新能源汽车生产比例较高的制造商, 其车队平均功率和整备质量相对较低, 因为其生产的新能源汽车中微型车的比例很高, 它们降低了车队的整体功率和整备质量。这一点在比亚迪上体现的并不明显, 因为比亚迪对于豪华的新能源车型有更深探索。制造商层面的发动机排量显示出集中和平均化的倾向, 这可能意味着主要厂商在传统内燃机车型的产品定位上的选择趋同(图4-6至图4-9)。

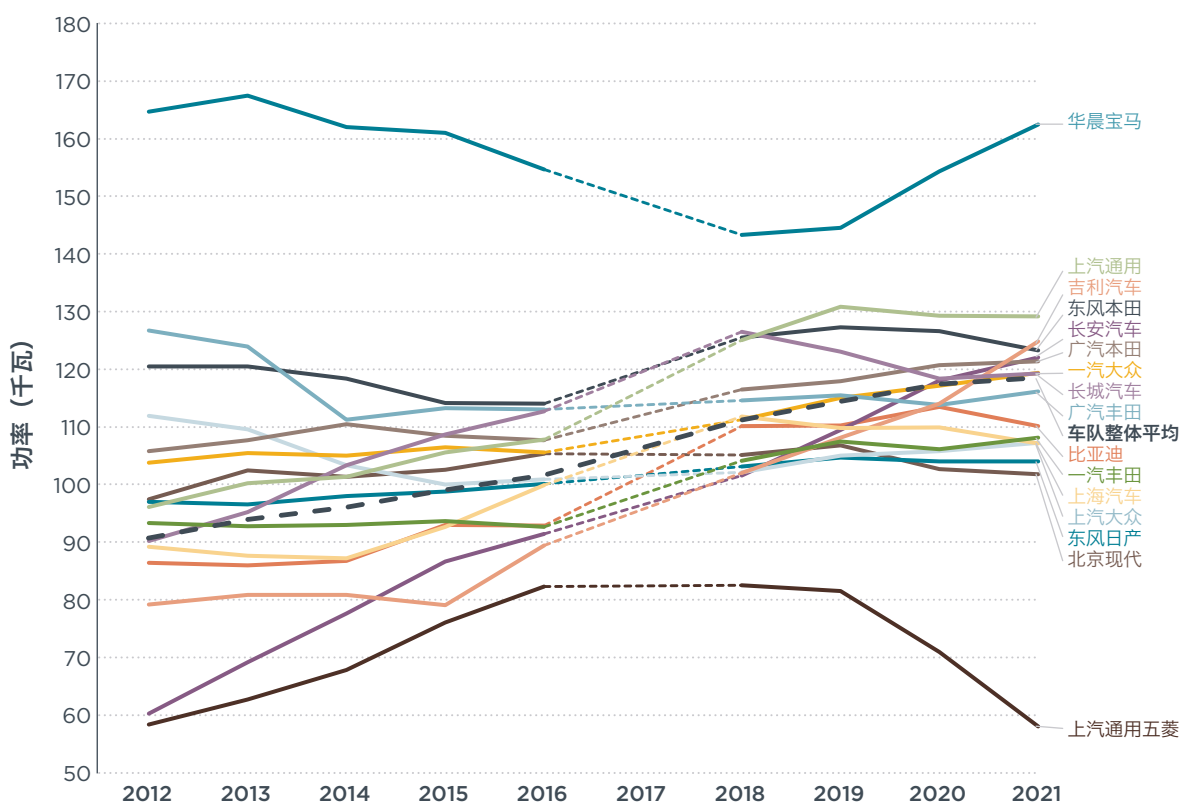


图4-6. 各制造商基于销量加权的平均功率变化趋势 (内燃机汽车与新能源汽车合并分析)

*由于2017年新能源汽车功率数据完整性原因, 暂未提供2017年平均功率数据。2016年和2018年的数据点用虚线连接, 以模拟可能的趋势。

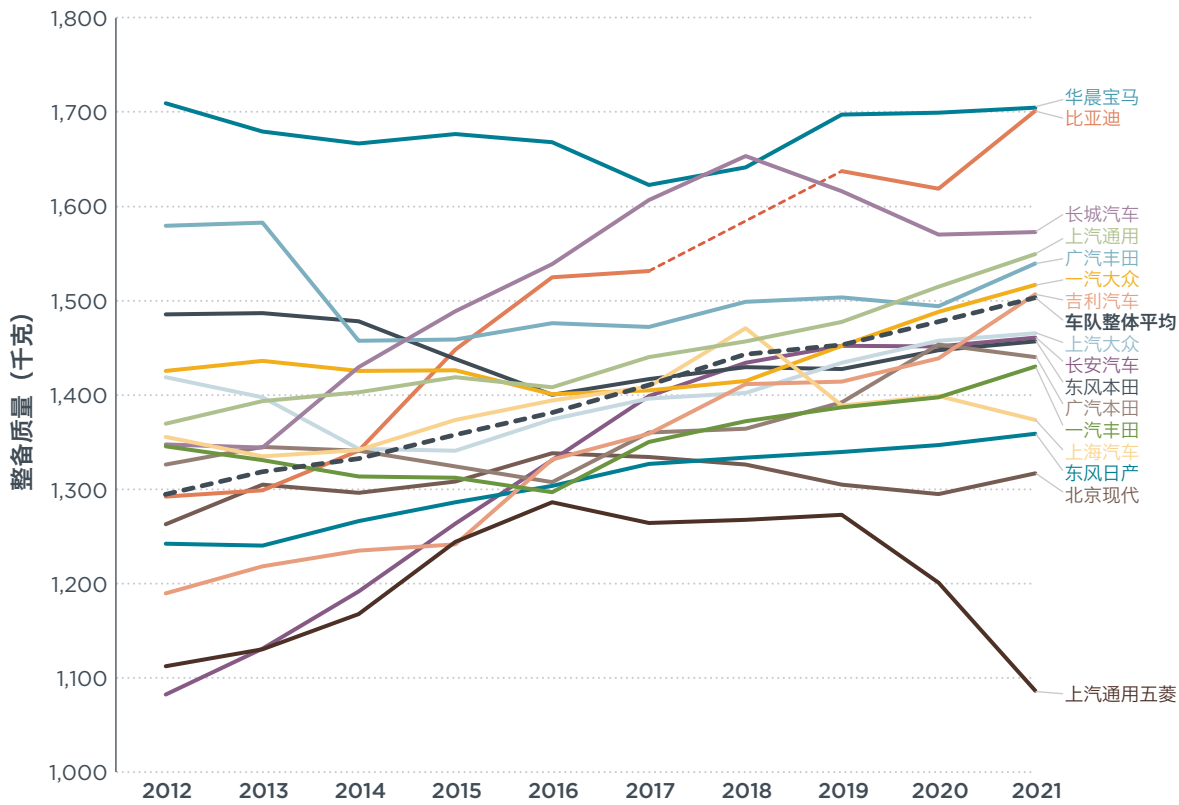


图4-7. 各制造商基于销量加权的平均整备质量变化趋势 (内燃机汽车与新能源汽车合并分析)

*由于数据可靠性原因, 暂未提供比亚迪2018年平均整备质量数据。2017年和2019年的数据点用虚线连接, 以模拟可能的趋势。

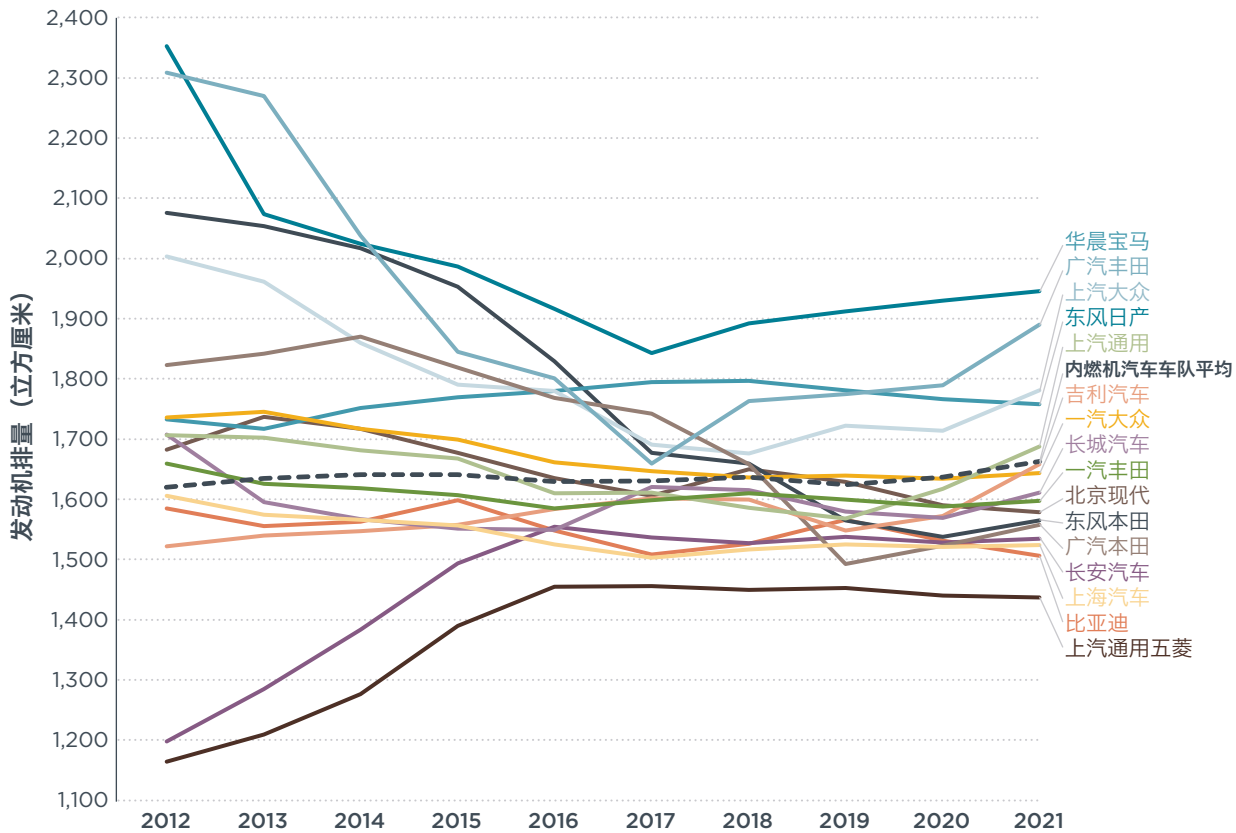


图4-8. 各制造商基于销量加权的平均发动机排量变化趋势 (仅内燃机汽车)

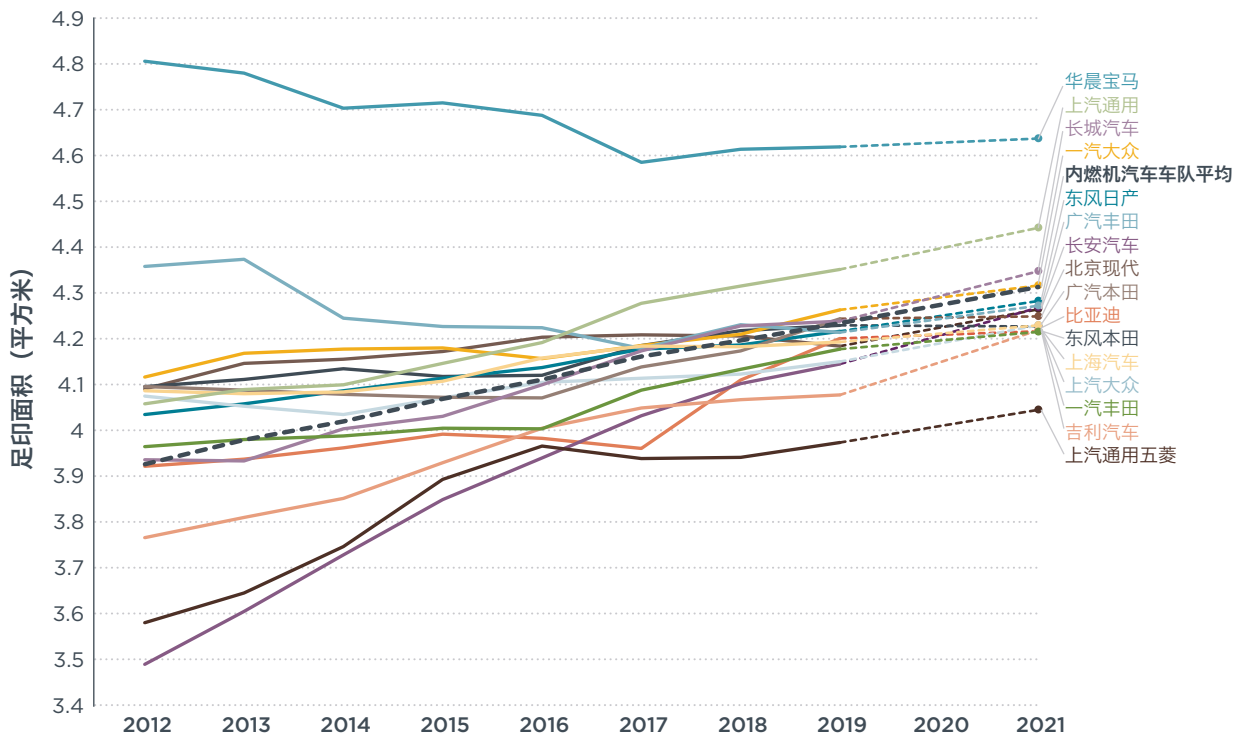


图4-9. 各制造商基于销量加权的平均足印面积变化趋势 (仅内燃机汽车)

*由于数据可获得性原因，暂未提供2020年平均足印面积数据。2019年和2021年的数据点用虚线连接，以模拟可能的趋势。

5. 二氧化碳排放控制技术趋势

本章探讨了燃料消耗和二氧化碳减排相关技术的市场趋势。图5-1至图5-3展示了新能源动力技术（纯电动、插电式混合动力和燃料电池）以及内燃机汽车节油技术的应用比例趋势。图5-4至图5-7用截面分析的方式，进一步从车辆级别细分市场 and 制造商层面分析了上述技术的市场渗透率变化，还额外展示了发动机配置（气缸排列）、传动系统的齿轮数（档位数）和各传动系技术的市场渗透率变化。表格5-1至表格5-4展示了主要制造商对内燃机汽车两项关键先进技术“汽油直喷（GDI）”和“涡轮增压/机械增压”的应用率，以及对新能源汽车技术和油电混动技术的应用率。

总体而言，有利于二氧化碳减排的车辆技术都不同程度地扩大了市场占有率。涡轮增压和机械增压变得逐渐普及。配备涡轮增压或机械增压器的内燃机乘用车比例从2012年的11%增长到2021年的62%。汽油直喷也成为汽油车的主要燃料供应技术，其占有率从2012年的8%增长到2021年的60%。变速器类型方面，自动变速成为主流技术，无级变速在内燃机车队中的份额在十年间从5%提高到27%。电动化是实现机动车脱碳的最关键技术途径。新能源汽车的市场份额在2021年上升到15%左右。其中，纯电动汽车和插电式混合动力汽车分别占2021年新注册乘用车的11.5%和2.5%。到目前为止，燃料电池汽车仍然非常罕见，因此并未在图中直接显示（图5-1）。

车辆级别细分市场层面的分析（图5-4和图5-5）表明，从2012年（对传动系技术的分析为2009年起始）到2021年，各种先进技术的市场份额显著增加。对于电动技术，只有代表最小型车的A00级市场已经基本实现全面电动化（图5-4）。对于内燃机乘用车而言，越大型的车，先进的发动机和变速器技术往往越普及。中国的SUV汽车的尺寸差异较大，涵盖了从紧凑型SUV到大型SUV的各类车型。因此，SUV中先进发动机和变速器技术的渗透率难以与纯大型乘用车（C级）相比。鉴于A00级车辆在2021年已基本实现全面电动化，2021年针对内燃机车辆的各类分析中没有包括对A00级细分市场的分析（图5-5）。

生产厂商层面的分析（图5-6至图5-10）显示了厂商对这些技术的偏好的多样化。随着时间的推移，大多数制造商倾向于为其产品配备更先进、更环保的技术组合。在同一技术领域，同一个制造商在2012年和2021年的技术构成也可能完全不同。例如，广汽本田的内燃机汽车从主要采用5档变速器转向主要采用无级变速，这一产品战略也明显区别于其他制造商的选择。2012年时，各大厂商都没有将新能源汽车作为部署重点，而到了2021年，新能源汽车已成为比亚迪的核心产品。

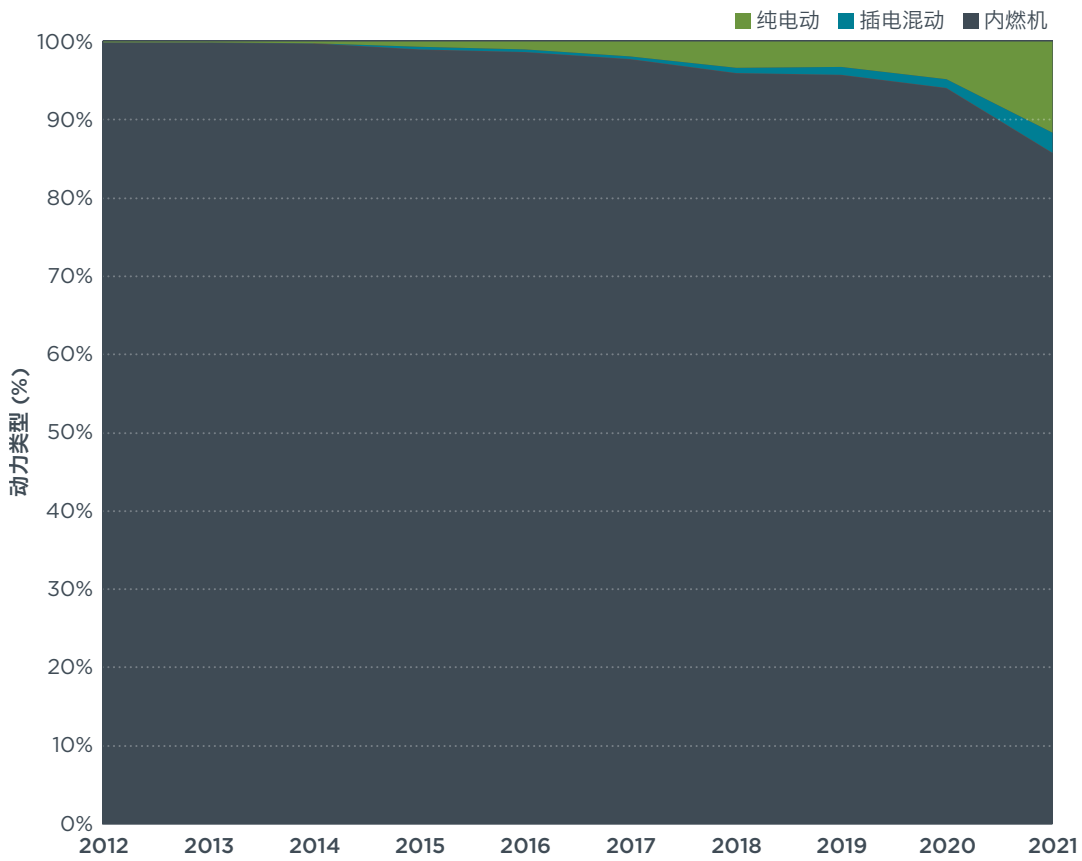


图5-1. 各类型动力的市场渗透率历史趋势

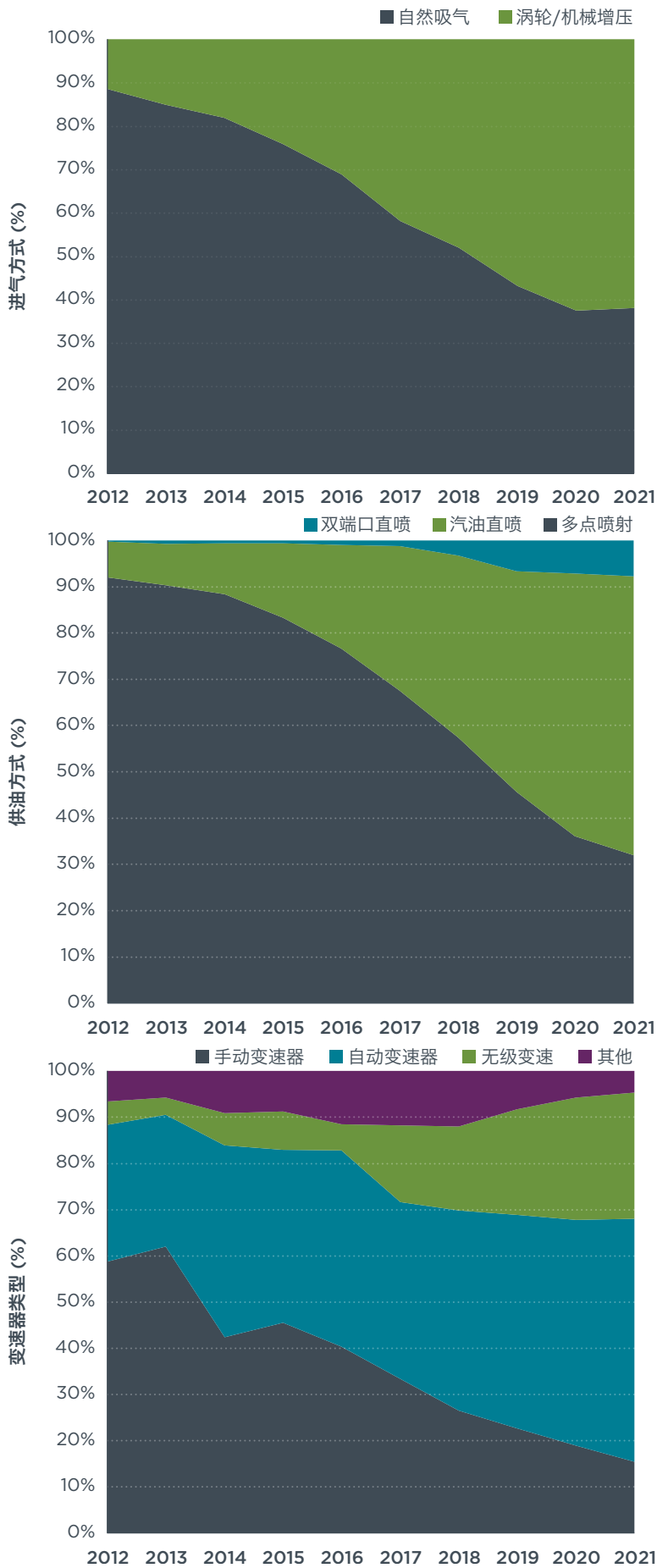


图5-2. 各进气技术、供油技术以及变速器技术的市场渗透率历史趋势 (仅内燃机汽车, 供油技术仅探讨汽油车)

*尽管供油技术中的单点喷射仍未被完全淘汰, 但使用案例较少, 并未在图中直接显示。

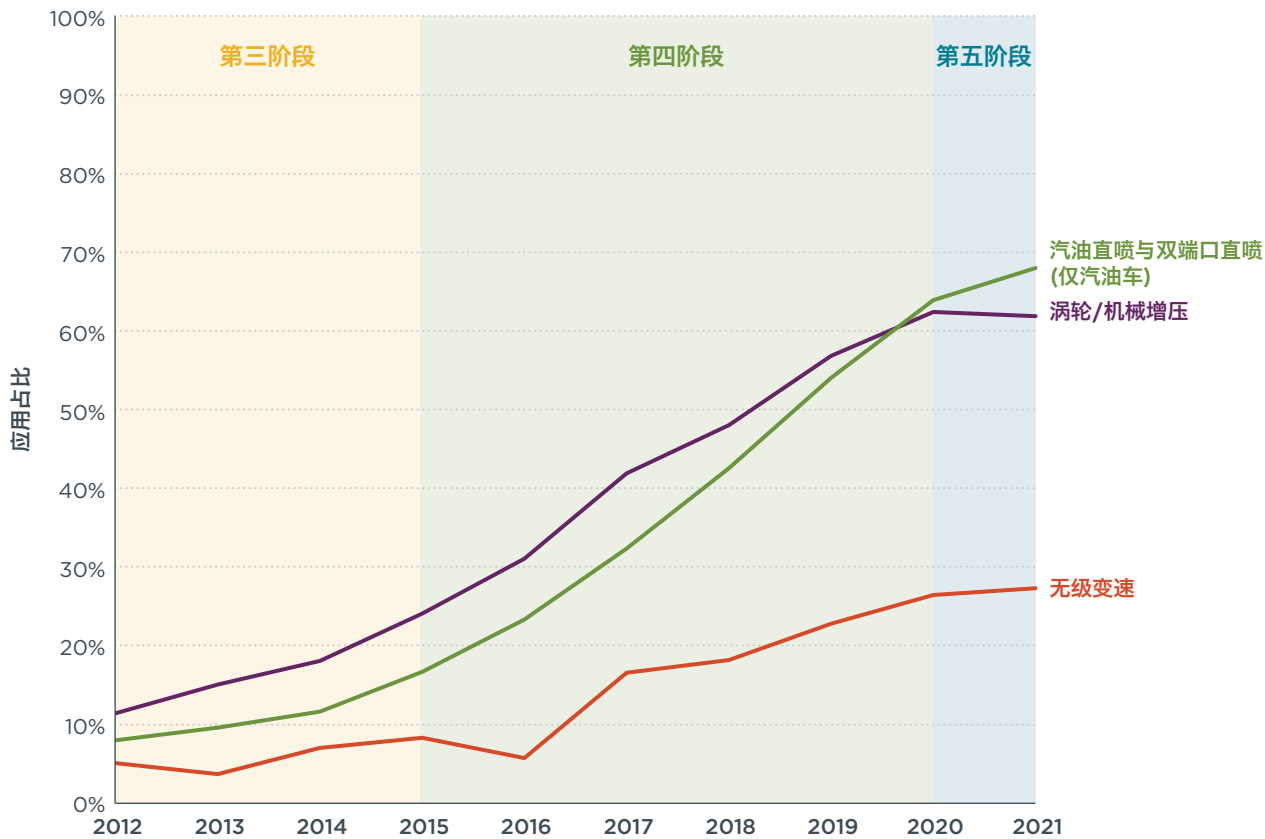


图5-3. 先进发动机技术和变速器技术的市场渗透率趋势 (仅内燃机汽车) 及各燃料消耗量标准阶段

*通常, 多档位的自动变速器 (6档及以上), 无级变速和双离合变速都属于先进变速器技术, 但由于数据可获得性原因, 图中仅展示了无级变速的数据。

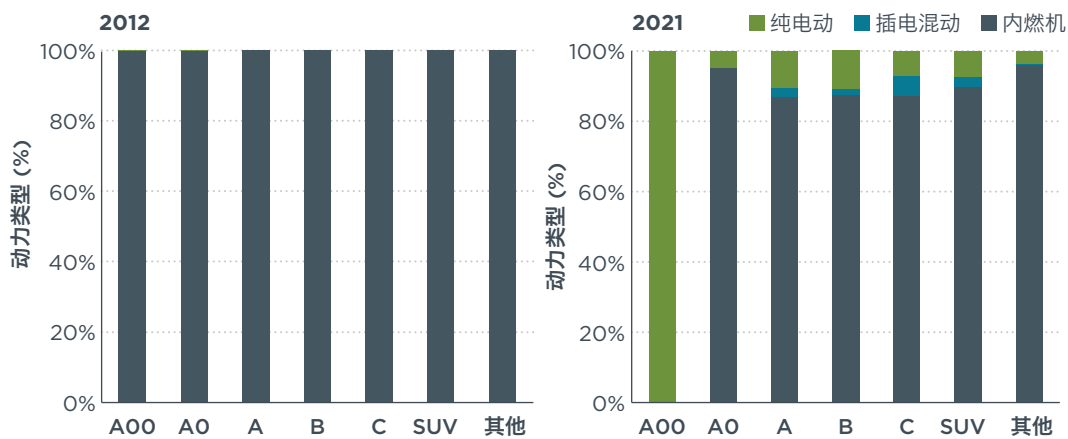


图5-4. 2012年和2021年各车辆级别细分市场的动力技术市场渗透率对比

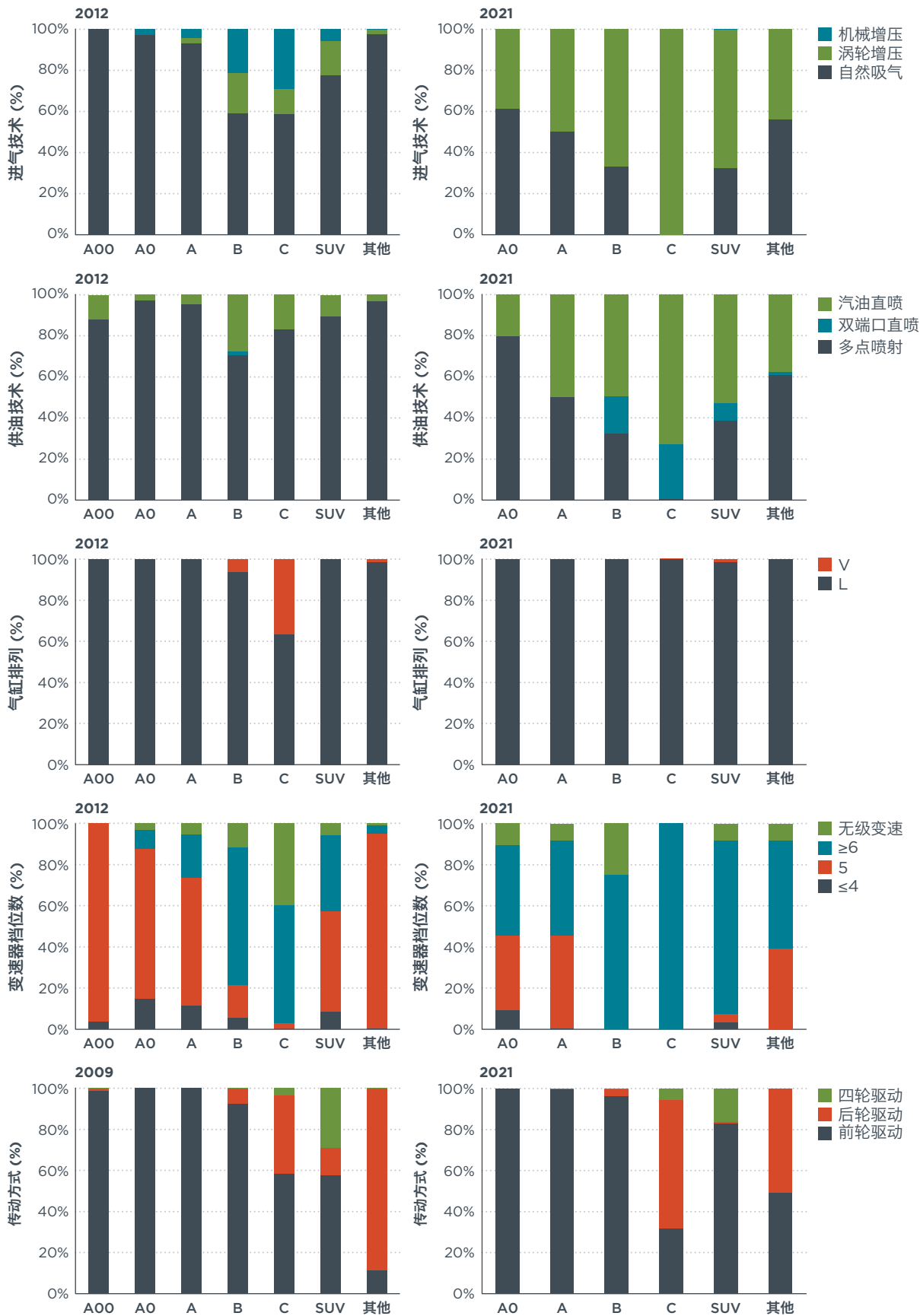


图5-5. 2012年和2021年各车辆级别细分市场的各类车辆技术市场渗透率对比 (仅内燃机汽车; 供油技术仅探讨汽油车; 传动技术比较的起始年份为2009年)

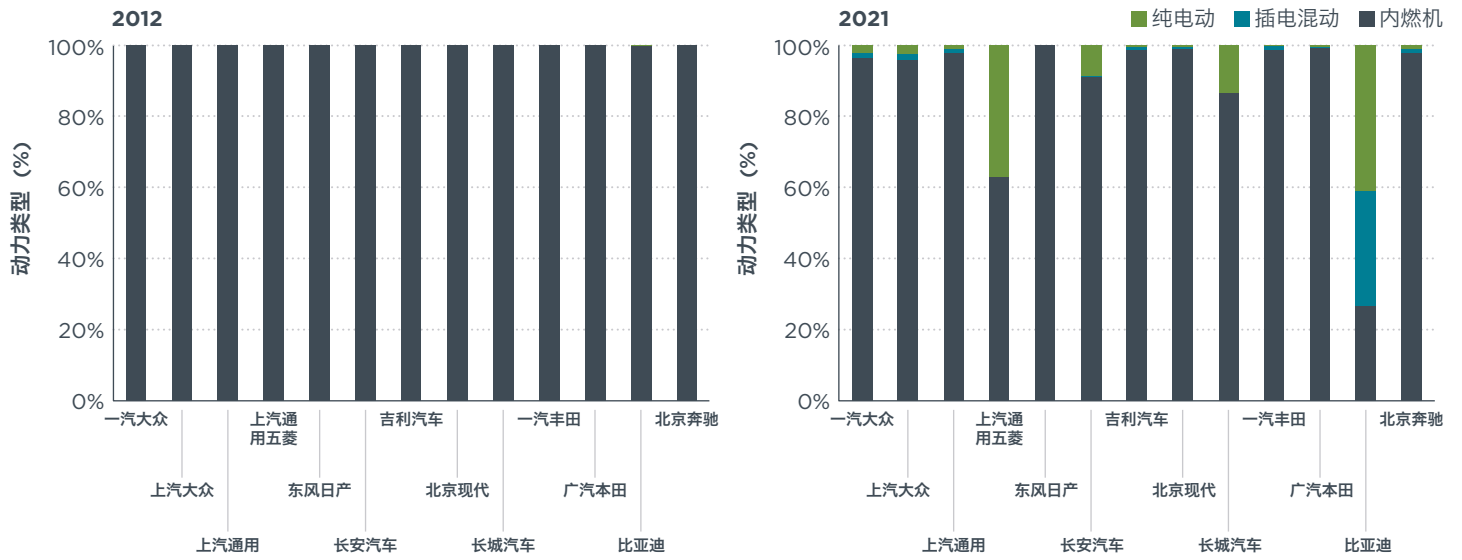
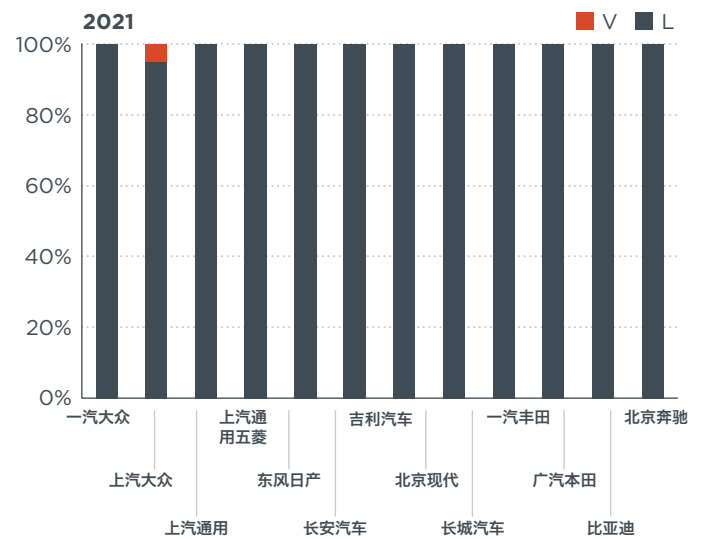
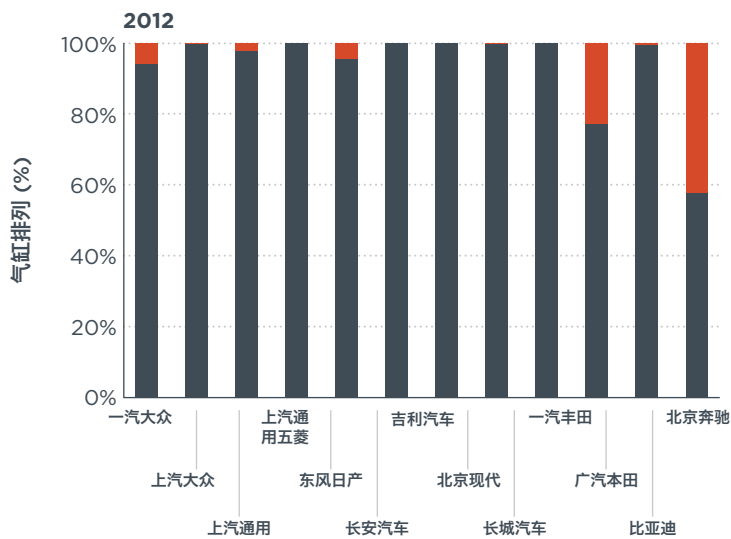
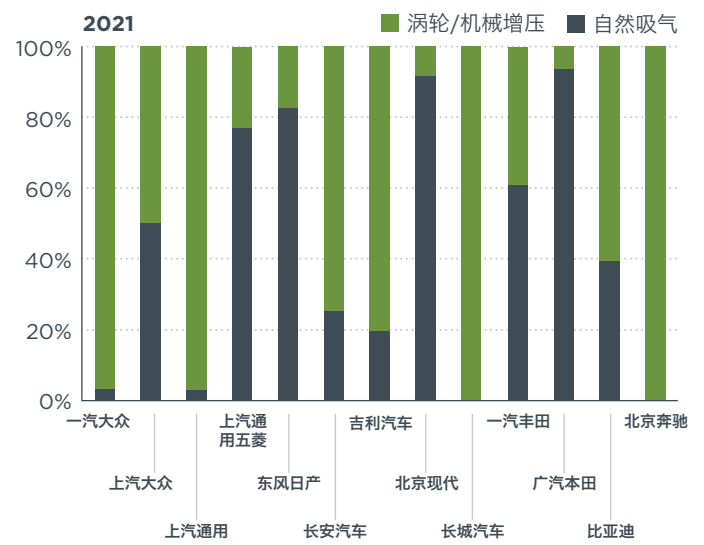
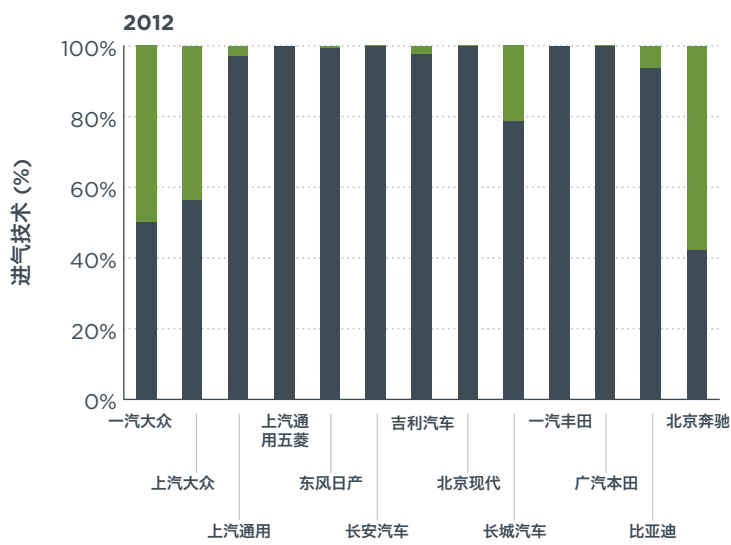
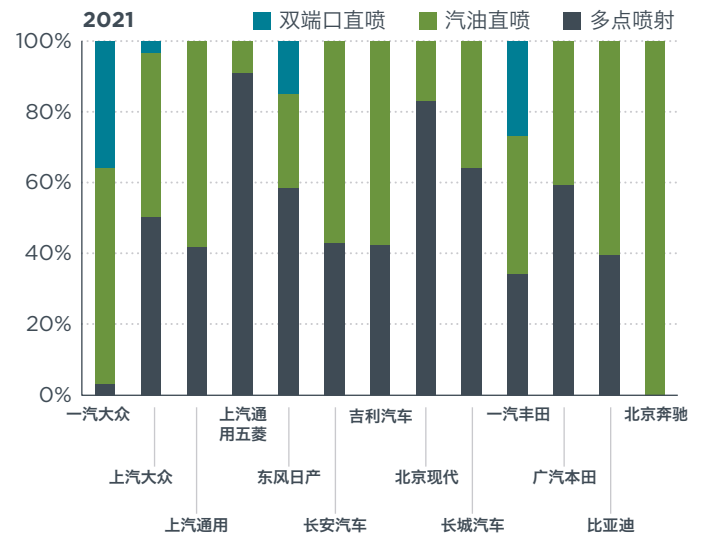
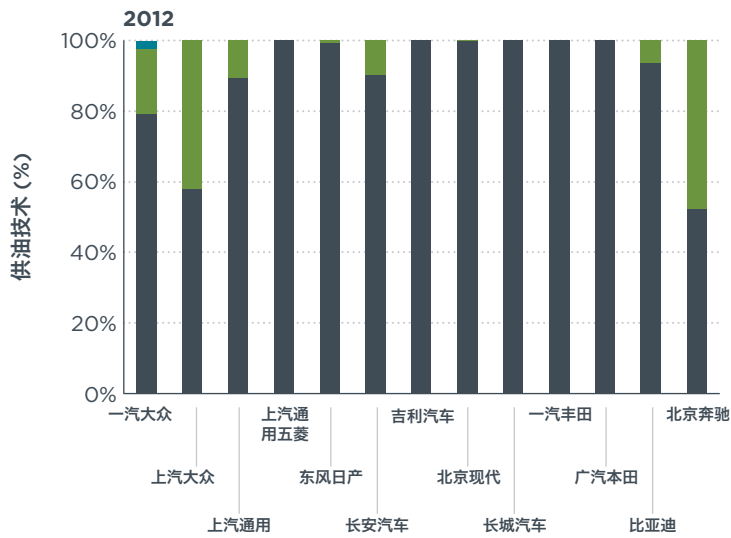


图5-6. 2012和2021年各制造商动力技术市场渗透率对比



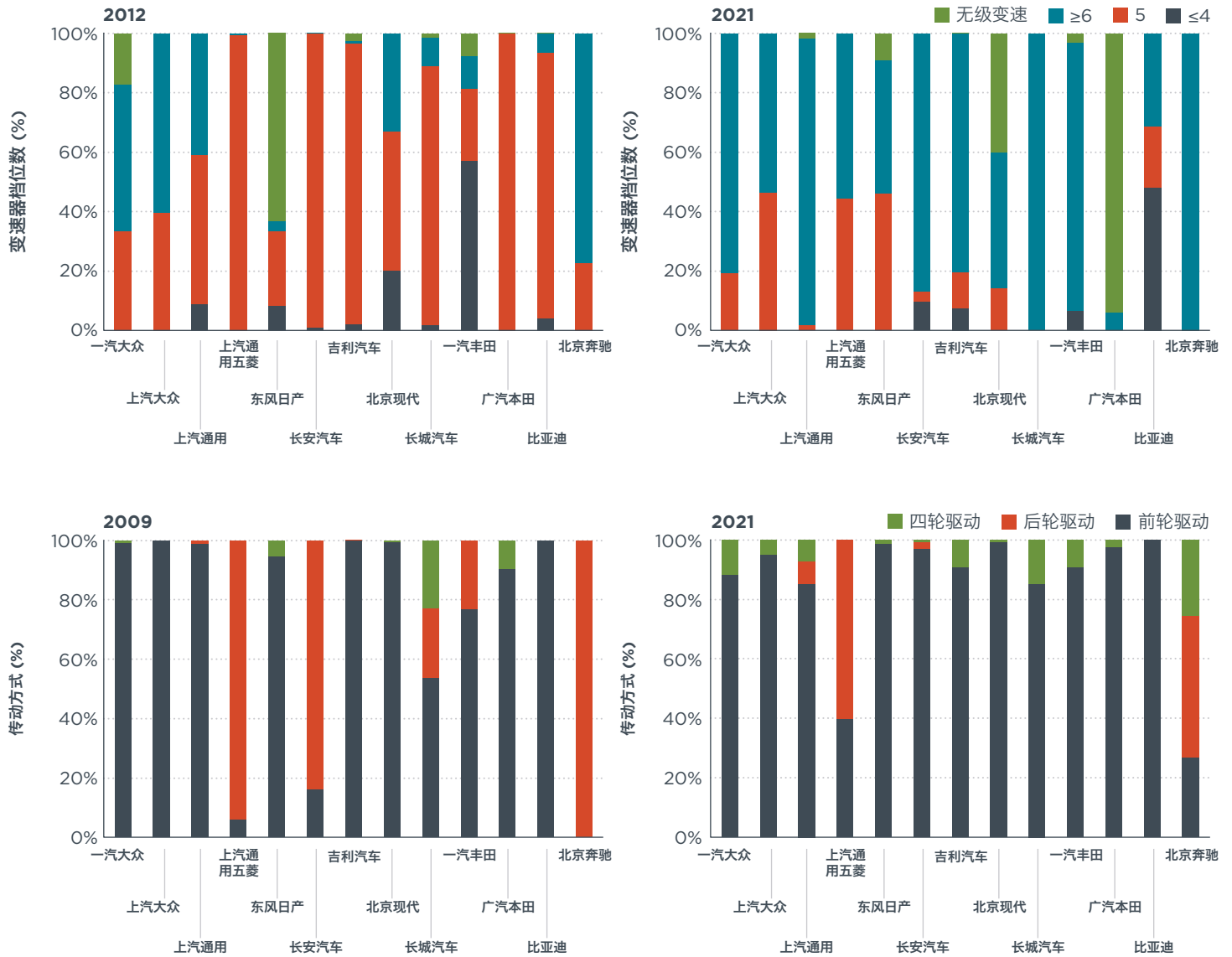


图5-7. 2012年和2021年各制造商的各类车辆技术市场渗透率对比 (仅内燃机汽车; 供油技术仅探讨汽油车; 传动技术比较的起始年份为2009年)

*图5-6和图5-7的厂商排列顺序为十年间累计销量排名; 我们还额外选取了北京奔驰和比亚迪进行了展示, 以反映其独特的技术选择战略。

表格5-1至表格5-4展示了主要制造商中内燃机汽车两项先进节油技术, 以及新能源技术和传统混合动力技术的市场渗透率发展历程。北京奔驰、一汽大众、上汽大众等领先的中德合资制造商在两项节油技术上均具有显著优势。在2012年时其节油技术的应用率就明显高于其他主要制造商, 北京奔驰在2016年已实现了汽油直喷技术和增压技术的100%覆盖。相比之下, 其他主要制造商在近些年才开始大规模应用这些技术。在新能源汽车普及方面, 比亚迪和上汽通用五菱是无可争议的领航者, 而长安、长城等一些自主品牌汽车制造商也在加速追赶。至于传统混合动力技术的应用率, 一汽丰田和广汽本田等中日合资制造商具有较为明显的优势。

表格 5-1. 各制造商汽油直喷与双端口直喷技术应用率变化趋势 (仅汽油车)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
一汽大众	21%	20%	21%	25%	38%	50%	62%	77%	81%	97%
上汽大众	42%	41%	38%	40%	35%	47%	52%	57%	57%	50%
上汽通用	10%	12%	13%	25%	40%	57%	63%	62%	66%	58%
上汽通用五菱	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	9%
东风日产	1%	0%	6%	13%	25%	24%	27%	36%	37%	42%
长安汽车	10%	6%	3%	2%	3%	19%	25%	52%	81%	57%
吉利汽车	0%	0%	0%	4%	13%	18%	25%	39%	52%	58%
北京现代	0%	3%	2%	9%	30%	40%	41%	39%	28%	17%
长城汽车	0%	0%	0%	4%	6%	16%	50%	54%	52%	36%
一汽丰田	0%	0%	0%	2%	6%	6%	47%	59%	84%	66%
广汽本田	0%	4%	26%	39%	55%	59%	71%	89%	86%	41%
比亚迪	6%	9%	13%	30%	39%	36%	62%	74%	79%	61%
北京奔驰	48%	54%	77%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

表格 5-2. 各制造商涡轮增压/机械增压技术应用率变化趋势 (仅内燃机汽车)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
一汽大众	50%	49%	52%	55%	52%	55%	59%	72%	81%	97%
上汽大众	43%	41%	38%	40%	35%	47%	52%	57%	57%	50%
上汽通用	3%	9%	15%	28%	37%	51%	70%	85%	82%	97%
上汽通用五菱	0%	0%	0%	0%	6%	8%	11%	16%	17%	23%
东风日产	1%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	2%	17%
长安汽车	0%	1%	3%	8%	12%	35%	44%	52%	74%	75%
吉利汽车	2%	8%	7%	9%	24%	36%	46%	60%	75%	80%
北京现代	0%	1%	1%	8%	21%	26%	23%	30%	28%	8%
长城汽车	21%	45%	68%	81%	89%	97%	100%	100%	100%	100%
一汽丰田	0%	0%	0%	1%	10%	36%	40%	38%	39%	39%
广汽本田	0%	0%	0%	0%	1%	14%	30%	58%	60%	6%
比亚迪	6%	9%	13%	30%	39%	36%	62%	74%	79%	61%
北京奔驰	58%	54%	75%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

表格 5-3. 各制造商新能源技术应用率变化趋势

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
一汽大众	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	4%
上汽大众	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	4%
上汽通用	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	2%
上汽通用五菱	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	4%	17%	37%
东风日产	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%
长安汽车	0%	0%	0%	0%	0%	3%	4%	0%	3%	9%
吉利汽车	0%	1%	3%	9%	5%	5%	4%	5%	3%	1%
北京现代	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%
长城汽车	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	4%	7%	13%
一汽丰田	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%
广汽本田	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
比亚迪	0%	0%	4%	13%	21%	25%	40%	45%	40%	73%
北京奔驰	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%

表格 5-4. 各制造商传统混合动力技术应用率变化趋势 (仅内燃机汽车)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
一汽大众	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
上汽大众	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
上汽通用	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%
上汽通用五菱	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
东风日产	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
长安汽车	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
吉利汽车	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%
北京现代	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
长城汽车	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
一汽丰田	0%	0%	0%	0%	6%	9%	11%	12%	15%	22%
广汽本田	0%	0%	0%	0%	0%	2%	3%	8%	14%	15%
比亚迪	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
北京奔驰	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

6. 内燃机汽车大气污染物排放及相关控制技术应用趋势

本章探讨了部分受管控的大气污染物在内燃机乘用车车队中的平均排放趋势，涵盖了一氧化碳（CO）、氮氧化物（NO_x）、总碳氢化合物（THC）和颗粒物（PM）几种污染物（图6-1）。此外，还有国六汽油和柴油乘用车的氮氧化物实际道路排放（图6-2），以及汽油和柴油乘用车大气污染物先进排放控制技术的市场渗透率趋势（图6-3和图6-4）。

如图6-1所示，四项标准大气污染物的实验室认证排放强度（区别于以往更高的实际道路排放）在过去十年或自接受监管以来下降了30%（NO_x）至70%以上（PM）。PM、CO和THC的排放率在2019年都显著降低，当时中国宣布了第六阶段污染物排放标准（即国六标准），汽车厂商也开始对其新车型进行国六标准认证。NO_x的排放趋势则是例外，其在2018年之后略微有所回升。对数据进行深入挖掘后，我们认为，车队平均NO_x实验室认证排放强度上升主要是由于乘用车中大质量车型比例上升，而适用于大质量车型的排放限值相对宽松。

所有经国六排放标准认证的汽油乘用车，其车队平均实际道路NO_x排放强度，在考虑实际驾驶排放（Real Driving Emission, RDE）的符合性因子（Conformity Factor）后，不仅能够达到2020年7月1日开始实行的国六第一阶段标准，也已经达到了将于2023年中期开始实行的国六第二阶段标准。对于国六柴油乘用车，其车队平均实际道路NO_x排放强度则要高于国六汽油乘用车，但由于柴油车总体上较汽油车质量更大，排放限值相对宽松，实际道路排放也同样都达到了国六两个阶段的标准（图6-2）。

图6-3和图6-4分别展示了汽油和柴油乘用车关键排放控制技术的市场渗透率趋势。汽油车中，三元催化器（TWC）作为一项成熟的技术，长期以来一直普遍配备在汽油车中。汽油机颗粒物捕集器（GPF）作为一项新兴技术，在国五和国六标准的推动下，市场渗透率显著提升，在2017年尚未得到普遍应用，而到2021年时已有60%的汽油乘用车都配备了这一技术。对于柴油乘用车，废气再循环技术（EGR）基本全面配备。柴油机颗粒物捕集器（DPF）和选择催化还原技术（SCR）分别在2014年和2018年开始迅速被应用，并在三至四年内迅速成为车队内100%配备的普及性技术。相反，柴油机氧化催化器（DOC）作为先前普遍应用的排放控制技术，自2018年开始应用率有所减少。截至2021年，只有不到50%的柴油乘用车使用DOC（图6-4）。

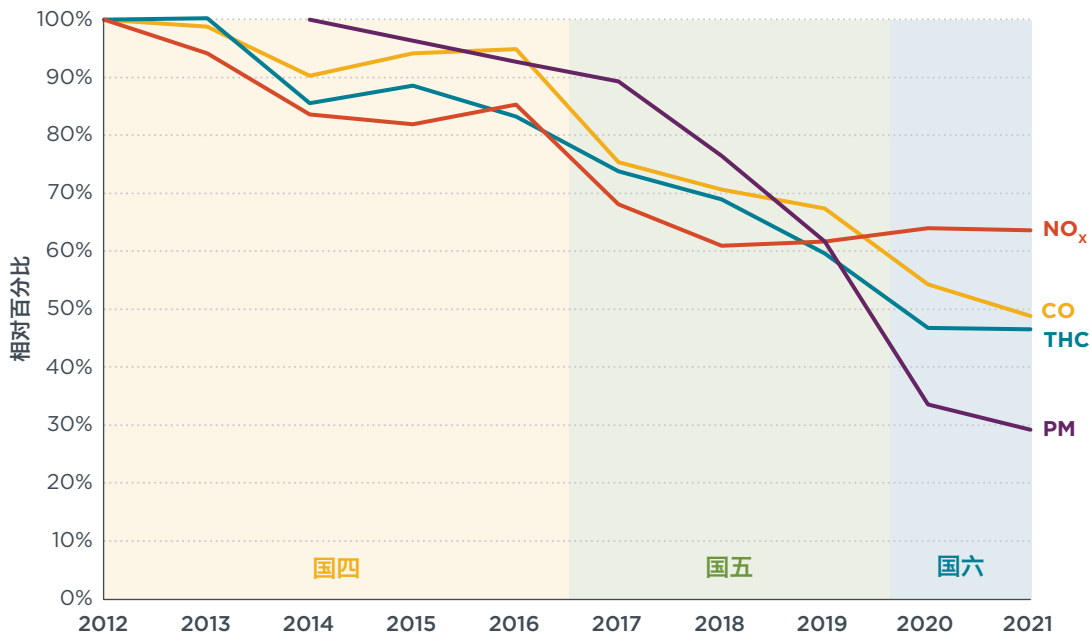


图6-1. 基于销量加权的车队平均主要大气污染物排放率变化趋势 (仅汽油车; CO, THC, NO_x排放率以2012年水平为100%基准线, PM排放率以2014年水平为基准线)

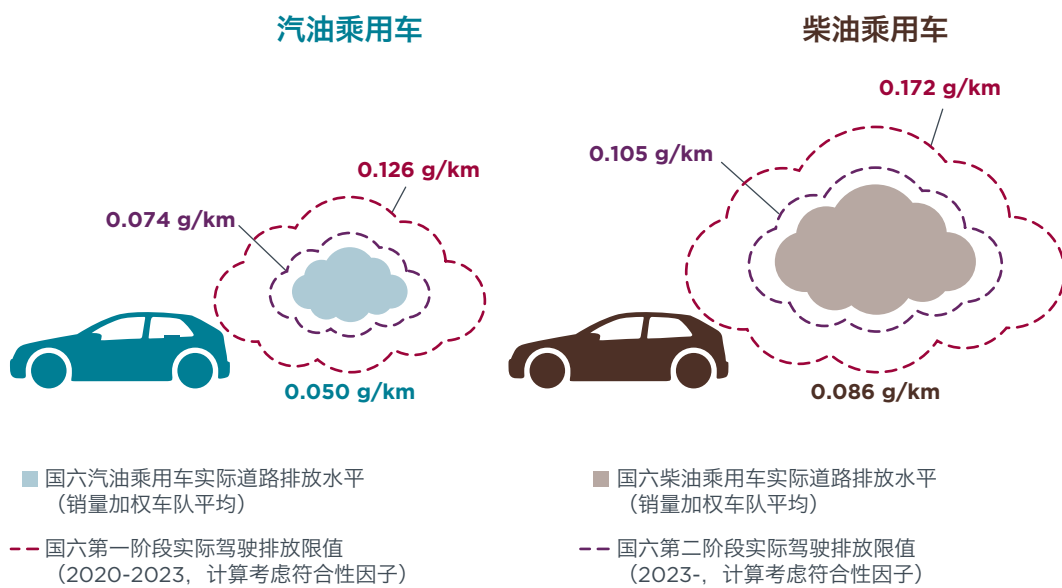


图6-2. 国六标准乘用车NO_x排放率限值, 以及基于销量加权的车队实际道路平均NO_x排放率

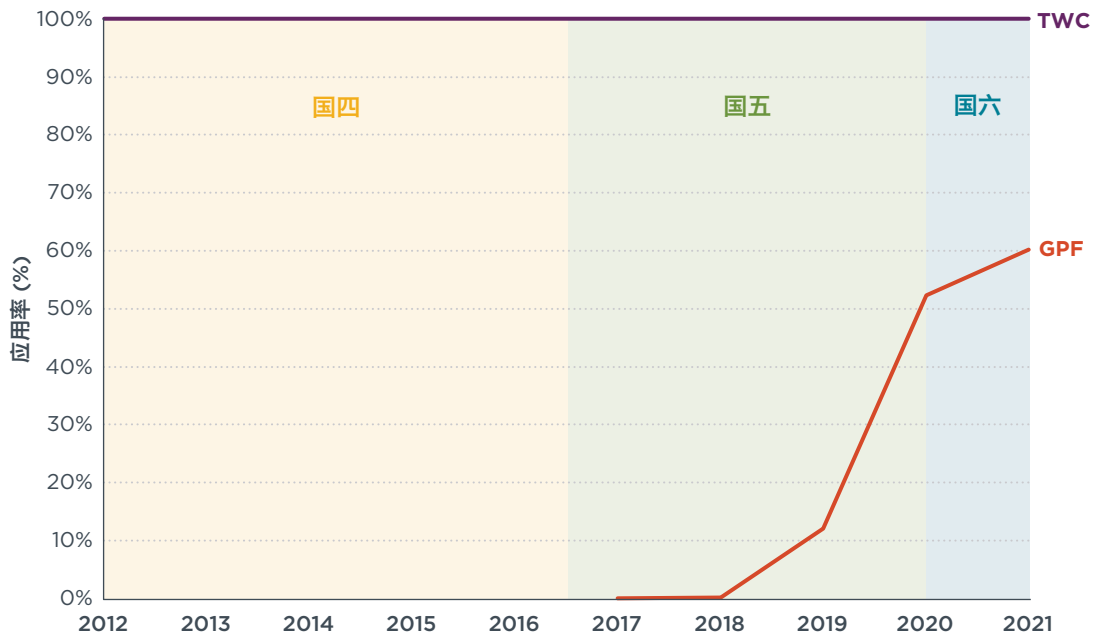


图6-3. 汽油乘用车大气污染物排放控制技术应用率变化趋势

* GPF应用数据自2017年起有所记录。

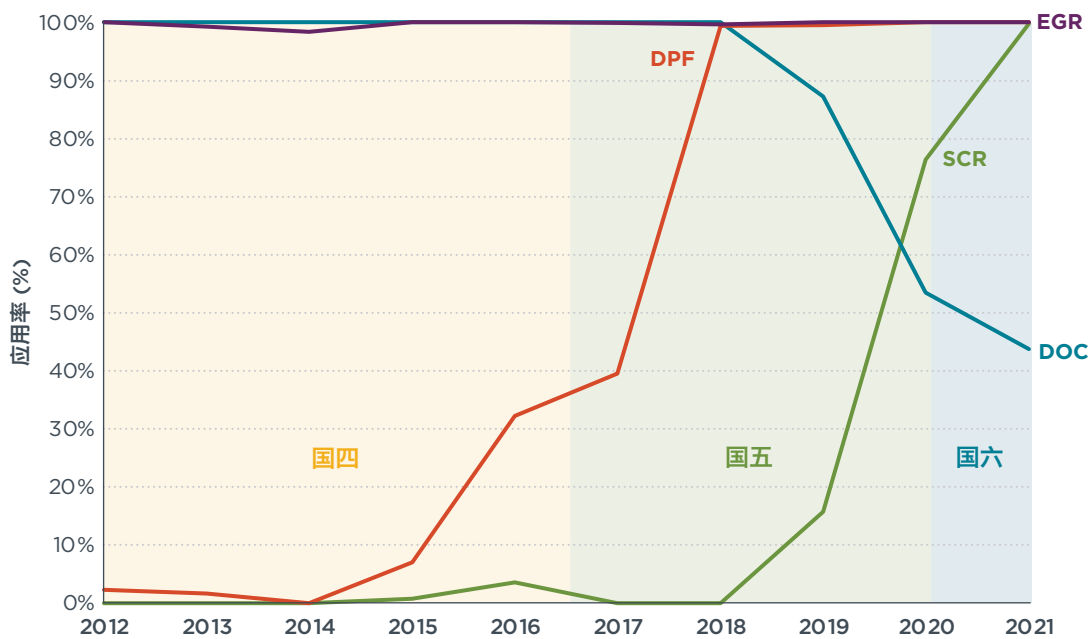


图6-4. 柴油乘用车大气污染物排放控制技术应用率变化趋势

7. 附录

7.1. 数据源与数据有效性

本报告采用了以下几个独立数据源的数据进行分析: 中国汽车技术研究中心有限公司 (CATARC Co. Ltd)、北龙泽达科技有限公司 (ZEDATA)、中国电动汽车百人会 (EV100)、中国环境科学研究院机动车排污监控中心 (CRAES-VECC)。所有原始数据均由ICCT进行进一步统一处理, 以确保数据可比性和实现质量控制。以下表格按车辆信息/参数和年份提供了有效数据占比信息。

表格 7-1. 数据有效填充率 (全体车队层级)

	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
销量	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
燃料类型	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
车型级别	99.43%	98.86%	98.20%	96.57%	100.00%	99.94%	99.96%	99.98%	99.97%	100.00%
制造商	100.00%	99.89%	99.37%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
车型	100.00%	99.67%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
车型细分*	100.00%	86.76%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
整备质量	100.00%	99.94%	100.00%	100.00%	99.96%	99.99%	99.95%	99.88%	99.37%	99.35%
额定功率*	99.94%	99.91%	99.19%	99.89%	92.99%	98.05%	97.25%	96.39%	94.27%	92.26%
发动机排量*	100.00%	99.94%	100.00%	100.00%	99.99%	99.23%	99.41%	99.65%	99.77%	99.90%
轴距	100.00%	100.00%	99.98%	100.00%	97.00%	99.06%	99.29%	99.47%	99.09%	99.24%
轮距*	74.35%	0.00%	86.93%	90.79%	97.00%	99.04%	99.27%	99.45%	99.06%	99.17%
足印面积*	74.35%	0.00%	86.93%	90.79%	97.00%	99.04%	99.27%	99.45%	99.06%	99.17%
变速器类型*	73.52%	96.58%	100.00%	90.79%	97.00%	99.07%	99.33%	99.54%	99.48%	99.54%
变速器档位数*	73.35%	82.46%	86.93%	90.79%	96.42%	98.40%	98.59%	98.74%	98.29%	98.10%
供油方式*	72.93%	81.56%	86.93%	90.79%	97.00%	98.51%	98.41%	98.20%	96.82%	95.69%
进气方式*	72.93%	81.43%	86.93%	90.79%	97.00%	98.56%	98.51%	98.35%	97.22%	96.27%
气缸排列*	73.54%	81.56%	86.93%	90.79%	97.00%	98.56%	98.51%	98.35%	97.22%	96.28%
座位数*	99.01%	97.10%	90.76%	90.79%	97.00%	99.07%	99.35%	99.60%	99.73%	99.89%
传动技术**	97.52%	16.47%	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
油耗*	97.16%	99.12%	96.80%	96.47%	95.74%	97.07%	96.73%	95.89%	92.84%	89.20%
二氧化碳排放率*	97.16%	99.10%	96.80%	96.47%	95.74%	97.07%	96.73%	95.89%	92.84%	89.20%
排放标准*	74.35%	98.22%	99.25%	87.43%	97.00%	98.88%	99.09%	99.21%	98.69%	98.60%

* 名称旁带有星号的参数在某一年或几年中车队整体 (内燃机汽车和新能源汽车) 数据有效填充率低于95%。在表格7-2中, 它们的填充率针对内燃机汽车车队进行了重新检查。一些参数在车队整体层面的填充率低是由参数的特性决定的 (参数仅适用于内燃机汽车); 对于另一些不符合此情况的参数, 则在填充率低的年份省略了分析, 或者仅从内燃机汽车车队层面进行分析。第六章中使用的污染相关参数的填充率在表格7-3 展示。

** 对于传动技术数据, 2009 年的数据有效填充率为 100%, 因此相关分析选择 2009 年作为起始-中止年截面分析的起始年, 而未采用2012年 (如图 5-5 和图5-7)。完成同一分析需要用到的 2009 年销量数据和所属制造商数据的有效填充率也为 100%。

表格 7-2. 数据有效填充率 (内燃机汽车车队层面)

	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
车型细分	100.00%	90.18%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
额定功率	100.00%	99.96%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
发动机排量	100.00%	99.93%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
轮距	100.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.97%	99.93%	100.00%	100.00%	100.00%
足印面积	100.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.97%	99.93%	100.00%	100.00%	100.00%
变速器类型	98.88%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
变速器档位数	98.62%	81.51%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	98.21%
供油方式	98.09%	97.65%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
进气方式	98.09%	97.49%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
气缸排列	98.09%	97.65%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
座位数	99.52%	98.00%	90.07%	89.85%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
传动技术	100.00%	0.00%	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
油耗	96.28%	98.99%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
二氧化碳排放率	96.28%	98.99%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
排放标准	100.00%	97.87%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

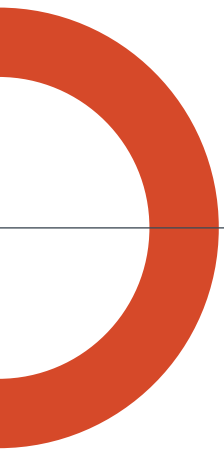
表格 7-3. 污染物相关数据有效填充率 (适用车型内)

	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
NO _x 排放率	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
CO 排放率	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
PM 排放率	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%
THC 排放率	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
GPF (汽油车)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
TWC (汽油车)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
DPF (柴油车)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
SCR (柴油车)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
DOC (柴油车)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
EGR (柴油车)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

7.2. 车型级别分类说明

此报告将乘用车划分为如下几个车型级别: A00 (微型), A0 (小型), A (紧凑型), B (中型), C (大型与豪华型), SUV, 以及其他。其中, SUV级包含了从小型到大型各种尺寸的, 均被市场作为SUV进行营销和统计的SUV车辆。“其他”级车辆包含了多功能乘用车 (MPV), 交叉型乘用车, 轻客, 以及跑车。

此报告中的车型级别分类大体沿用了原始数据库中对各个车型的级别分类, 这种分类综合了传统生产制造中基于轴距的车型分类原则, 以及出于营销目的, 面向消费者的市场分类方式。对于某些车型存在级别分类信息缺失的情况, 我们进行了额外的数据处理来确定其级别。在没有任何来自官方或市场的辅助信息能用于决定某个车型的车辆的极少情况下, 我们在车型级别相关分析中剔除了这些边缘车型。



www.theicct.org

communications@theicct.org

[twitter @theicct](https://twitter.com/theicct)

BEIJING | BERLIN | SAN FRANCISCO | SÃO PAULO | WASHINGTON

icct
国际清洁交通委员会