

中国2020—2025年轻型车节能技术方案及成本探讨

国际清洁交通委员会 (ICCT)

何卉

2013年11月14日
第二届交通节能减排技术和政策研讨会



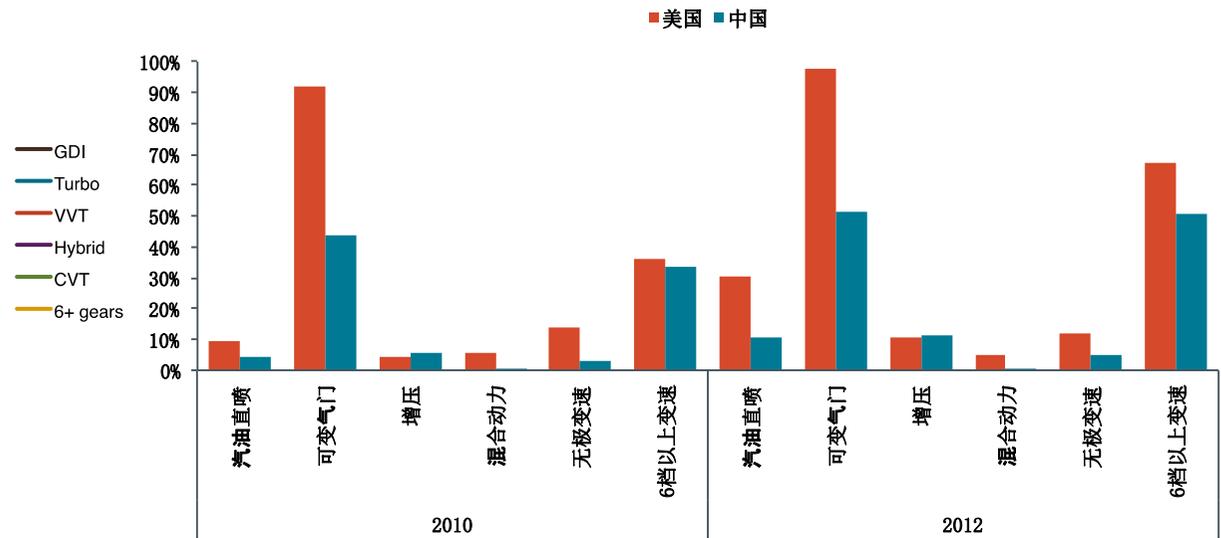
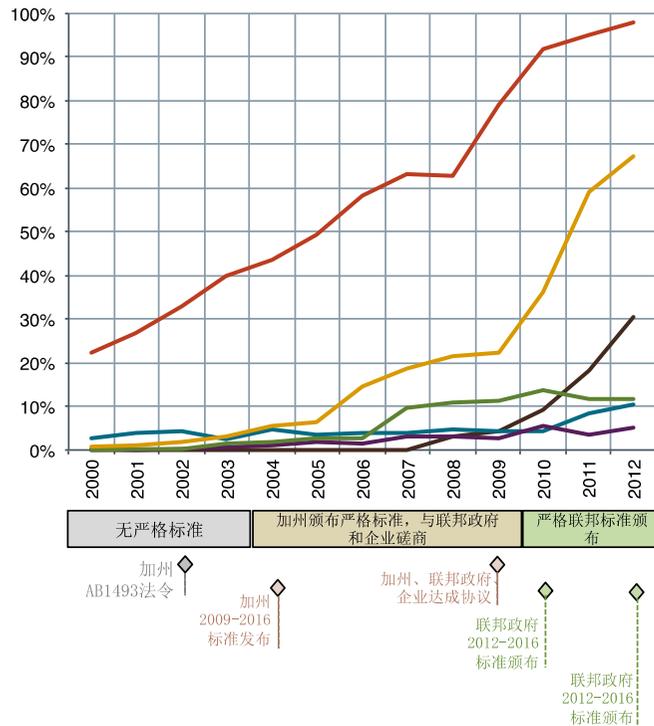
内容

- 项目概览
- 欧美核心方法论
- 在中国的应用
- 标准评价体系的重要性
- 结论

ICCT对中国轻型车未来节能技术和成本评估项目概览

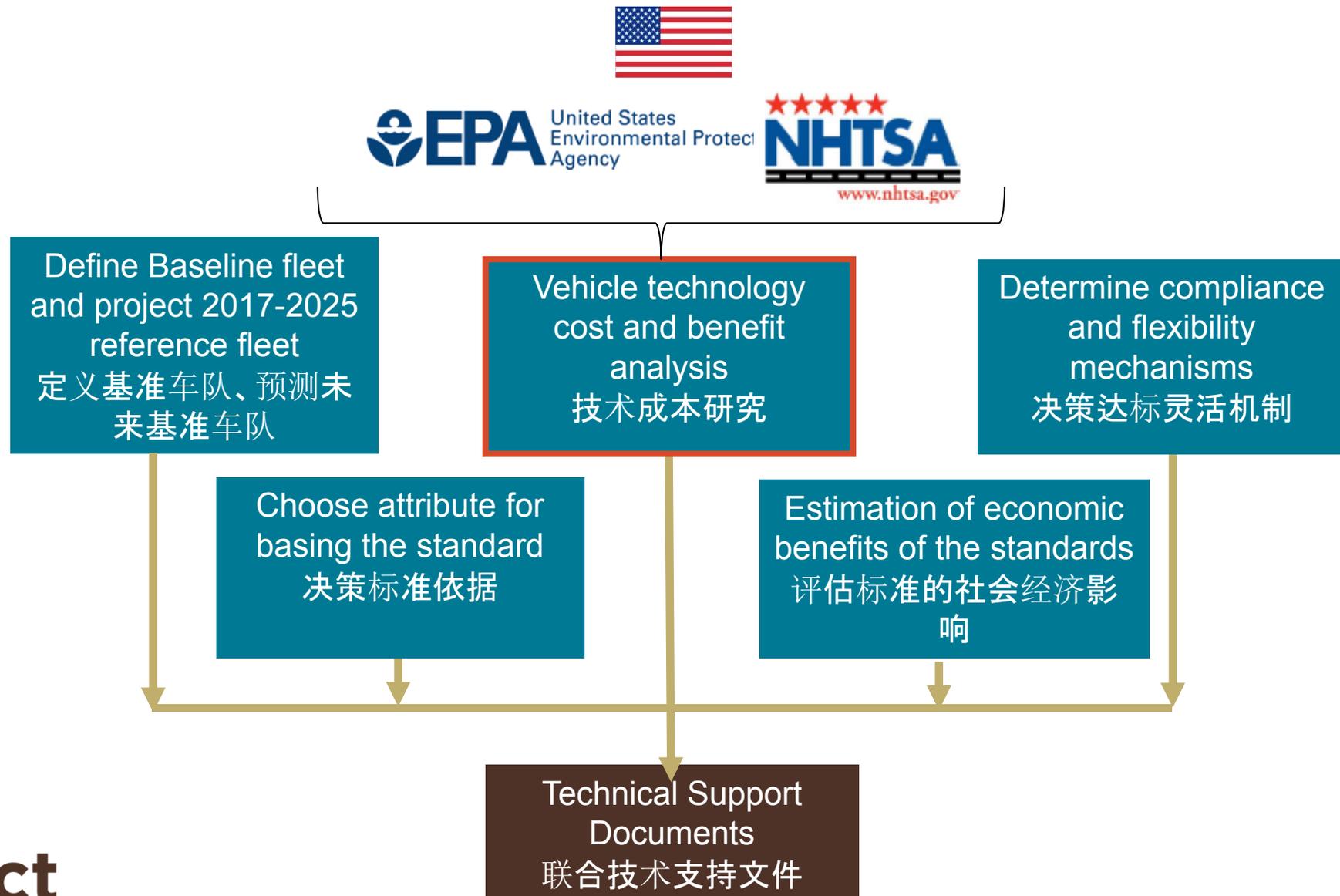
- 目的：分析达到5L/100km以及2020年以后最大可行性油耗标准的节油技术路径和对应成本增量
- 核心方法论亮点
 - 基于美国和欧盟过去几年的技术和成本评估的方法论
 - 采用了Ricardo技术评估模拟，这一EPA采用的新研究方法分析各项未来技术节油潜力
 - 采用了FEV开发的“技术拆解分析”法来分析新技术增量成本
 - 纳入了美国和欧洲近几年做的轻量化技术分析结果
 - 从细微层面将中国本地数据代入得出针对中国的结果
- 现在进展：中国本地数据尚未完全代入计算，这里介绍的初步结果是进行了部分中国化处理、但仍基于东欧成本的初步“展示”

严格的中长期油耗标准是车辆能效技术进步的主要动力



在没有较长期严格油耗标准的驱动力下，中美两国轻型车主要先进技术采用上的差距正在并可能继续拉大

美国制定轻型车队油耗 / 温室气体目标的技术工作一览



美国EPA对车辆节能技术和成本分析新、旧方法的对比

	传统方法	新方法（目前采用）
节油技术效果分析	<ul style="list-style-type: none"> • 走访调研整车企业和零部件供应企业，询问企业对未来节油技术和成本的预期 	<ul style="list-style-type: none"> • 走访调研整车企业和零部件供应企业 • 主管部门筛选判断 • 客观详细的技术效果模拟分析并广泛征求业内反馈
节油技术成本分析	<ul style="list-style-type: none"> • 主管部门对调研结果进行筛选判断 	<ul style="list-style-type: none"> • 走访调研整车企业和零部件供应企业 • 主管部门筛选判断 • 通过拆解法客观详细分析技术成本并广泛征求业内反馈

ICCT直接参与了美国EPA技术分析工作

Computer Simulation of Light-Duty Vehicle Technologies for Greenhouse Gas Emission Reduction in the 2020-2025 Timeframe



1. INTRODUCTION

Ricardo was subcontracted by Systems Research and Applications Corporation (SRA), a wholly owned subsidiary of SRA International, Inc., under contract to the United States Environmental Protection Agency (EPA) to assess the effectiveness of future light duty vehicle (LDV) technologies on future vehicle performance and greenhouse gas (GHG) emissions in the 2020–2025 timeframe. GHG emissions are a globally important issue, and the EPA's Office of Transportation and Air Quality (OTAQ) has been chartered with examining the GHG emissions reduction potential of LDVs, including passenger cars and light-duty trucks.

SRA is a company of over 7,000 staff dedicated to solving complex problems of global significance for government organizations serving the civil government, global health, and national security markets. SRA's Air Programs and Climate Change Account works extensively with OTAQ and other EPA offices on regulatory and voluntary programs to reduce air pollution and address climate change.

SRA and Ricardo worked closely with the EPA team on nearly every technical and contractual issue.

The team at EPA OTAQ included the following staff members:

- Matt Brusstar, Director, Advanced Powertrain Center, Testing and Advanced Technology Division
- Jeff Cherry, Staff Engineer, Light Duty Vehicles and Small Engine Center, Assessment and Standards Division
- Ann Chiu, Contract Project Officer, Data Analysis and Information Center, Compliance Division
- Ben Ellies, Staff Engineer, Climate Analysis and Strategies Center, Transportation and Climate Division
- Joe McDonald, Senior Engineer, Fuels Center, Assessment and Standards Division

In addition to the SRA team working on the program, the stakeholders for the program included the International Council on Clean Transportation (ICCT) and the California Air Resources Board (ARB). ICCT contributed funding for the early portion of the study in collaboration with ARB. The Advisory Committee provided advice to EPA, and included the following representatives from ICCT and ARB:

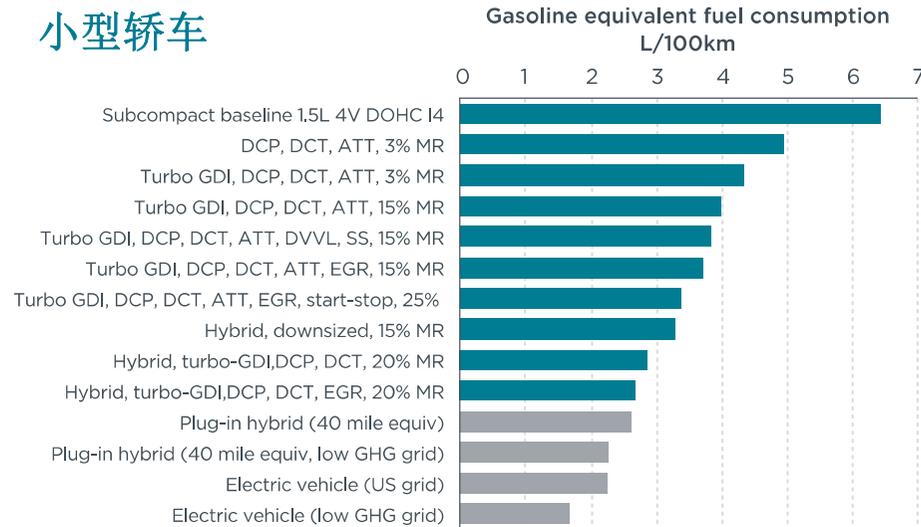
- Steven Auer, Assistant Division Chief, ARB
- Anup Bandivedakar, Senior Researcher, ICCT
- John German, Senior Fellow and Program Director, ICCT
- Paul Hughes, Senior Researcher, ARB

Ricardo, Inc., is the US division of Ricardo plc., a global engineering consultancy with nearly 100 years of specialized engineering expertise and technical experience in engines, transmissions, and automotive vehicle research and development. This program was performed between October 2009 and November 2011.

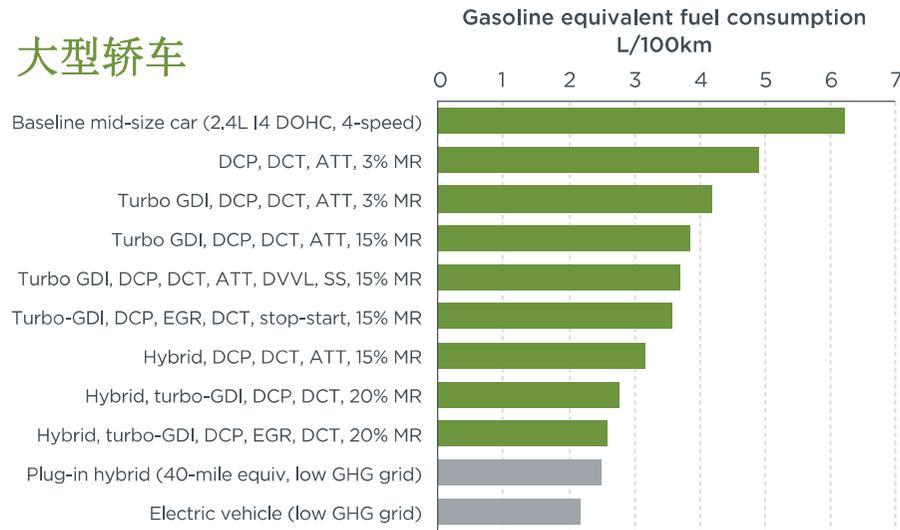
The scope of the program was to execute an independent and objective analytical study of LDV technologies likely to be available for volume production in the 2020–2025 timeframe, and to develop a data visualization tool to allow users to evaluate the effectiveness of LDV technology packages for their potential to reduce GHG emissions. An assessment of the effect of these technologies on LDV cost was beyond the scope of this study.

美国的技术分析结果对中国有一些借鉴意义

小型轿车



大型轿车



- EPA分析了19个美国市场主流轻型车级别的各项节油技术潜力和成本
- 结论是仅发动机、变速器附件和整车技术就可以在小型轿车和大型轿车上实现42-48%的节油效果
- 一般来说，一辆2025年达标典型轻型车价格比2011新车价格上涨约2600美元，比2016年达标新车价格上涨1700美元
- 但节省的燃油费用能让消费者3年左右收回成本，在该车辆整个使用年限内省3400-5000美元

ICCT已成功将美国的分析方法应用于欧盟车队



美国节油技术成本
分析(FEV)

美国节油技术效果分析
(Ricardo)

轻质材料分析
(FEV, Lotus)



欧盟新车队基准参
数、技术分析
(ICCT, Ökopol)

欧盟节油技术成本
分析 (FEV)

欧盟节油技术效果分析
(Ricardo)



An Assessment of Mass Reduction
Opportunities for a 2017 – 2020 Model Year
Vehicle Program

Prepared by: Lotus Engineering Inc.
Submitted to: The International Council on Clean Transportation



ICCT在以上技术报告基础上加以分析推导出欧盟各车辆级别的技术成本曲线，并撰写了一系列工作报告简明地概括和描述了以上各项技术工作
(ICCT, Meszler Engineering Services)

节油技术潜力和成本核心分析方法

节能技术效果评估：Ricardo模拟分析原理

- 输入数据（发动机技术参数图、道路负载等），经过计算机模拟软件的计算，算出在特定工况下的油耗和CO₂排放
- 将模型计算出的数据和一些实际测出的车型油耗排放数据对比，从而验证模型的准确性并调整偏差
- 再输入新的数据（如新的发动机参数）并将未来的技术改善纳入进来，运行软件来模拟这些新技术条件下的油耗 / CO₂排放水平

Ricardo模拟模型的优势和特点

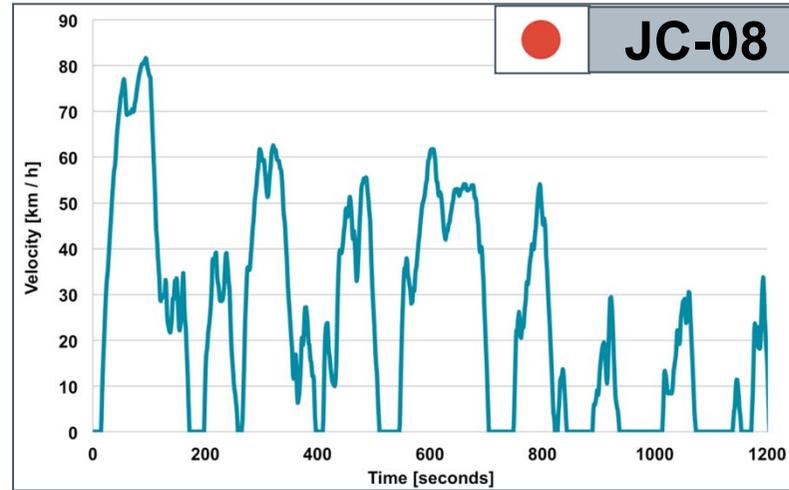
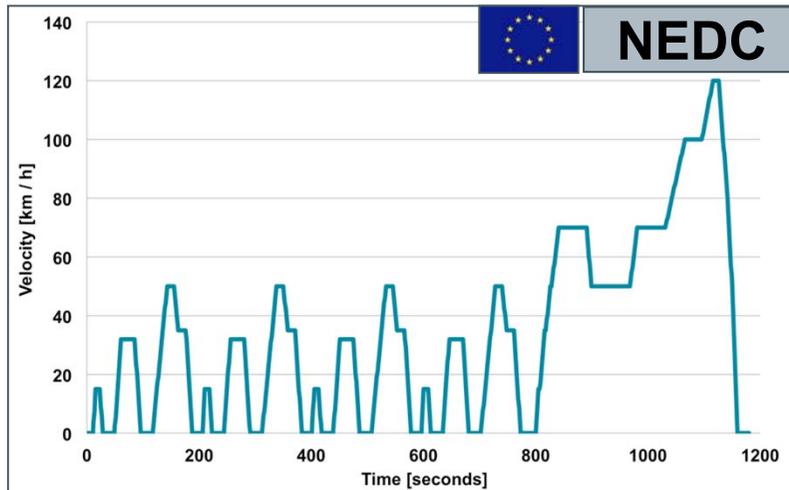
- 用于研究未来技术节油潜力，评估各种技术节油潜力时需要考虑**各项技术之间的交互作用**，Ricardo模拟模型通过输入反映出多项技术共同作用下的发动机油耗图来模拟各技术间相互作用
- Ricardo的汽车技术模拟方法非常接近汽车生产企业内部研发所用的方法，也经过了业内独立同行的评阅来确认，见

<http://www.epa.gov/otaq/climate/strategies-vehicle.htm>

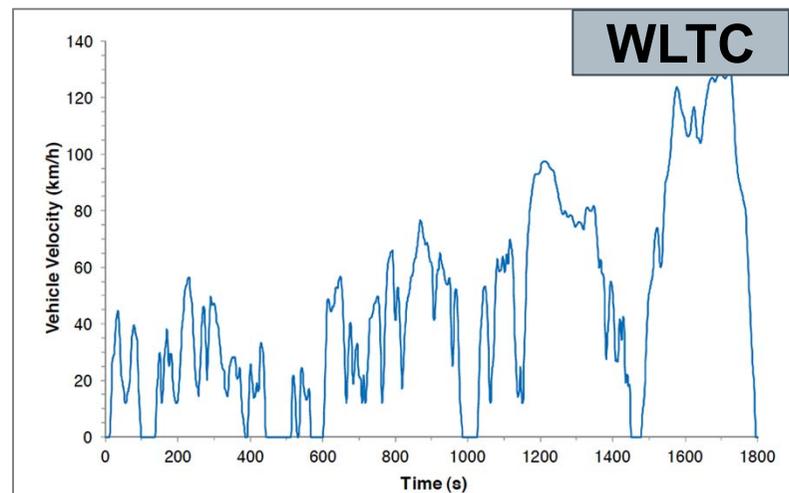
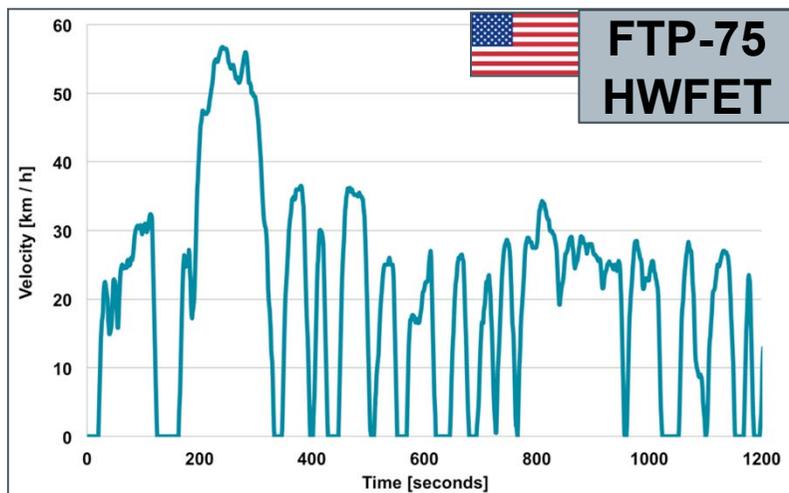
已纳入模拟模型的技术

- Start-stop 包括能量回收
- 汽油直喷、涡轮增压和发动机小型化（化学当量混合）
- 汽油直喷，涡轮增压和发动机小型化（稀化学当量混合）
- 汽油的废气再循环（EGR）涡轮直喷
- 阿特金森循环发动机，汽油机凸轮廓线变换系统（CPS）
- 阿特金森循环发动机与汽油机数字式阀门驱动（DVA）
- 并联式混合动力(P2)
- 混联式混合动力(power-split)
- 先进柴油机发动机（2020 +发动机）
- 先进变速器技术（6/8速自动，双离合变速器）
- 手动变速箱的敏感性分析

模拟的测试工况



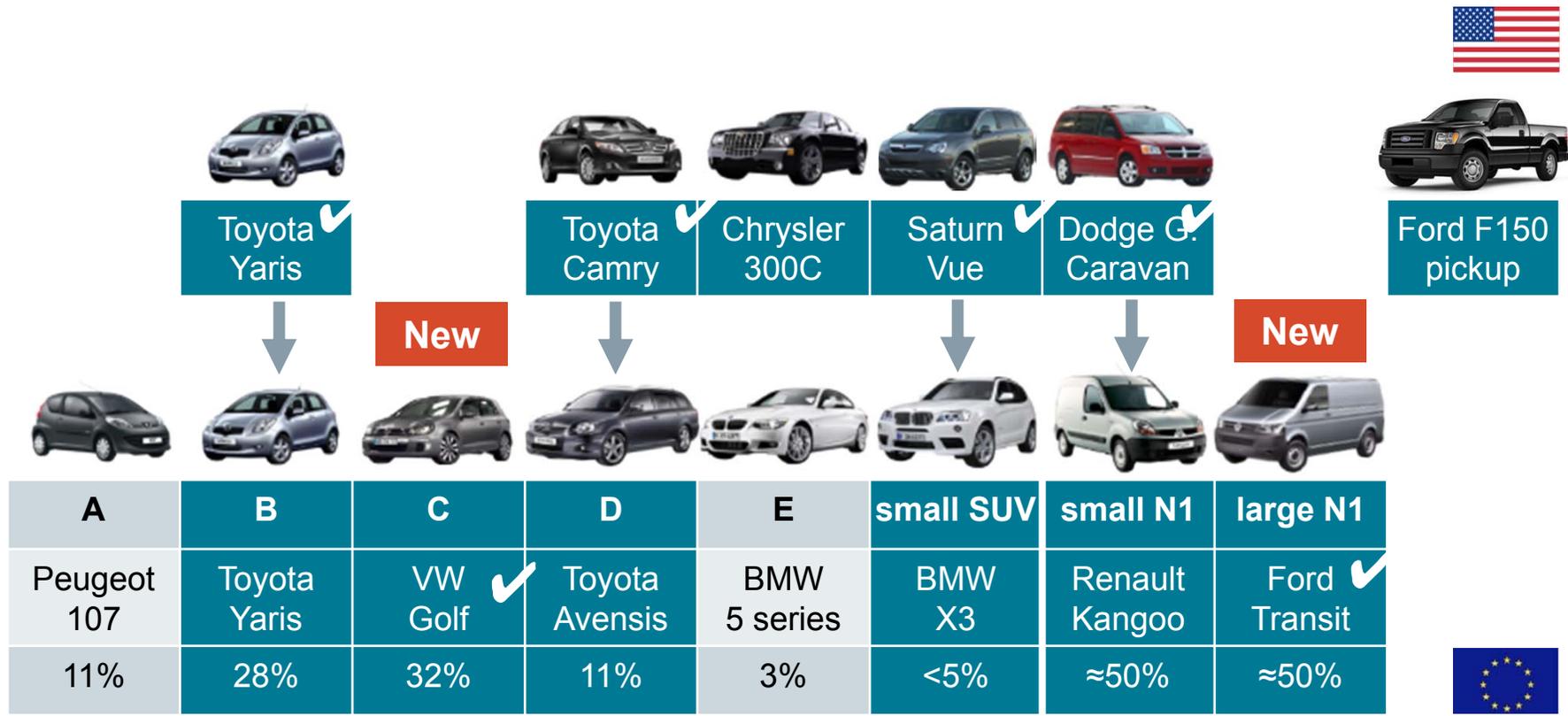
ICCT 出资支持了增加NEDC、JC08工况和新的WLTP工况



+ US 06 (“野蛮驾驶”)



所模拟的车型基于美国、欧盟市场的主流车辆级别的典型车型而选择



模拟软件界面

The screenshot shows the 'Complex System Tool' software interface. The main window is titled 'Complex System Tool' and has a menu bar with 'File' and 'Help'. Below the menu bar are four tabs: 'DATA QUERY', 'ANALYSIS SET UP', 'PLOT', and 'EFFICIENT FRONTIER'. The 'ANALYSIS SET UP' tab is active.

VEHICLES AND TECHNOLOGIES SELECTION

Choose Vehicle Class: B-Class (Toyota Yaris) [dropdown] [Compute] [Output Definition] [Show Formula]

Select Technologies:

- Architectures
- Engines
- Transmissions

Baseline
Stoich_DI_Turbo
Lean_DI_Turbo
EGR_DI_Turbo
2020_Diesel
Atkinson_CPS
Atkinson_DVA
2020_EURO_DIESEL
Diesel_Baseline

STATUS: Configuration Valid

Vehicle Class: B-Class (Toyota Yaris)

Architecture: Conventional SS

Engine: Stoich_DI_Turbo

Transmission: 6Dry_DCT

Displacement: 0.74 [slider 50-125] 100.0 %
FDR: 4.0 [slider 75-125] 100 %
Rolling R.: 0.0094 [slider 70-100] 100 %
Aero: 0.736 [slider 70-100] 100 %
Driveline Eff.: 0 [slider 96-104] 50.0 %
e-load: 0 [slider -50-0] 50.0 %
EM Size: 0 [slider 50-300] 50.0 %
EM/Batt Eff.: 0 [slider -50-0] 50.0 %

Load Vehicle: Car.veh [...] [Load]
Save Vehicle: Car.veh [...] [Save]

Vehicle Fuel Economy and Performance Data

Edit Search Table

	A	B	C	D	E
1	NEDC [CO2]	Displacement	FDR	Rolling R.	Aero
2	133.67424	1.5	4.0	0.0094	0.736
3	105.855034	0.74	4.0	0.0094	0.736
4	103.35448	0.74	4.0	0.0094	0.736
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					

Load Data Sheet: Car.xls [Browse] [Save Data Sheet]

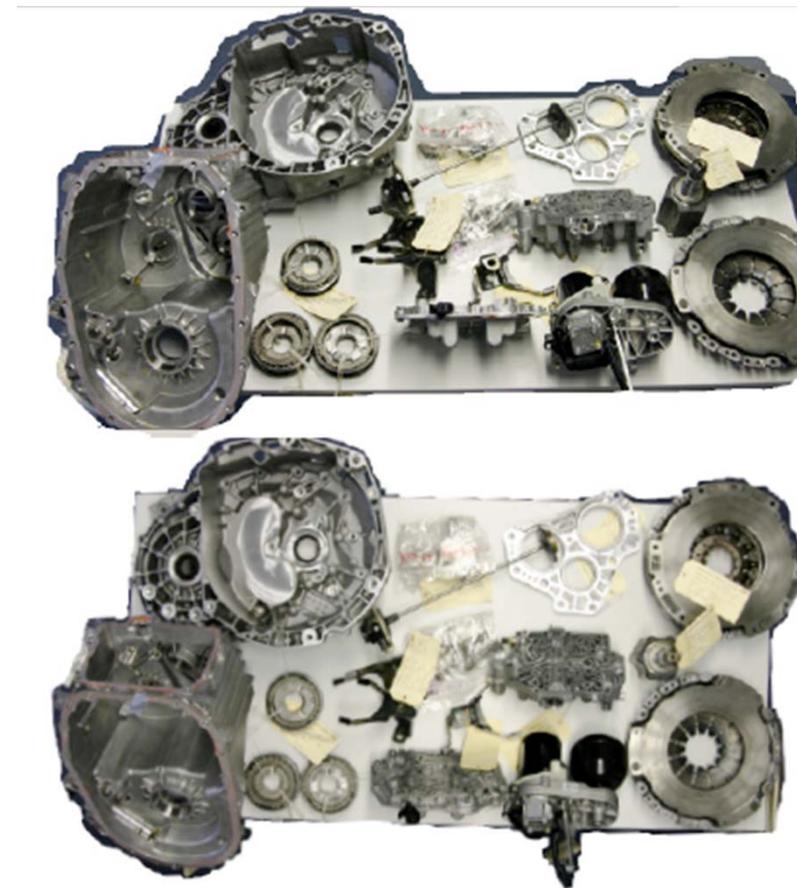
节油技术效果模拟结果举例（欧盟C级其汽油车）

C级(汽油车)
含减低道路负载的技术



	cyl.	[l]	inj.	[kg]	trans.	[s]	[g/km]	em.	red.
EU-27 2010 average 欧盟27国平均水平	4	1.6	PFI	1,270	5-MT	11.3	156	EU4	+12%
Ricardo baseline (start stop) Ricardo基准水平(start stop)	4	1.6	PFI	1,257	6-MT	9.1	139	EU5	---
STDI (start stop + 化学当量直喷+小型化) -15%减重, -10%滚动/空气阻力	3	0.7	DI	1,058	8-AT 8-DCT	9.0 9.1	89 87	EU6	-36% -37%
LBDI (start stop + 稀燃直喷+小型化) -15%减重, -10%滚动/空气阻力	3	0.7	DI	1,058	8-AT 8-DCT	9.0 9.1	87 85	EU6	-37% -39%
EGBR (start stop + 高负荷EGR直喷+小型化) -15%减重, -10%滚动/空气阻力	3	0.7	DI	1,058	8-AT 8-DCT	9.0 9.1	85 83	EU6	-39% -40%
阿特金森循环发动机, 汽油机凸轮廓线变换系统(P2) -15%减重, -10%滚动/空气阻力	4	1.6	DI	1,117	8-DCT	9.1	68	EU6	-51%

FEV拆解法：实际上就是将新旧技术相关部件拆到“螺钉和螺母”



拆解法优劣势分析

- **主要优势：**

- 透明度高
- 分析结果不确定性小，主要因为大大缩短了“学习”时间
- 与企业内部运用的方法很接近
- 该方法更容易运用到其他市场和地区

- **劣势：**

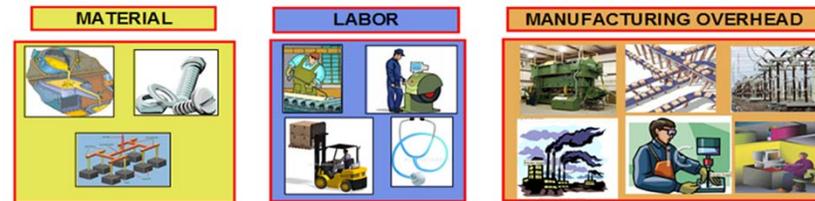
- 非常昂贵
- 只能用来分析已经使用的技术的成本

- **该方法已经过独立同行评审来确认：**

<http://www.epa.gov/otaq/climate/strategies-vehicle.htm>

成本构成

- DMC= 整车和零部件企业的材料成本 + 劳动力成本 + 分摊成本



+ 零部件供应企业附加值



- $NIDMC = DMC_{\text{新技术}} - DMC_{\text{基准技术}}$
- NIDMC 再乘上某一年的学习因子从而从量产成本推导出某一年的成本
- $NITC = NIDMC_i \times \text{整车企业的附加值}$

DMC= 直接成本, NIDMC= 直接成本增量

NITC= 总成本增量

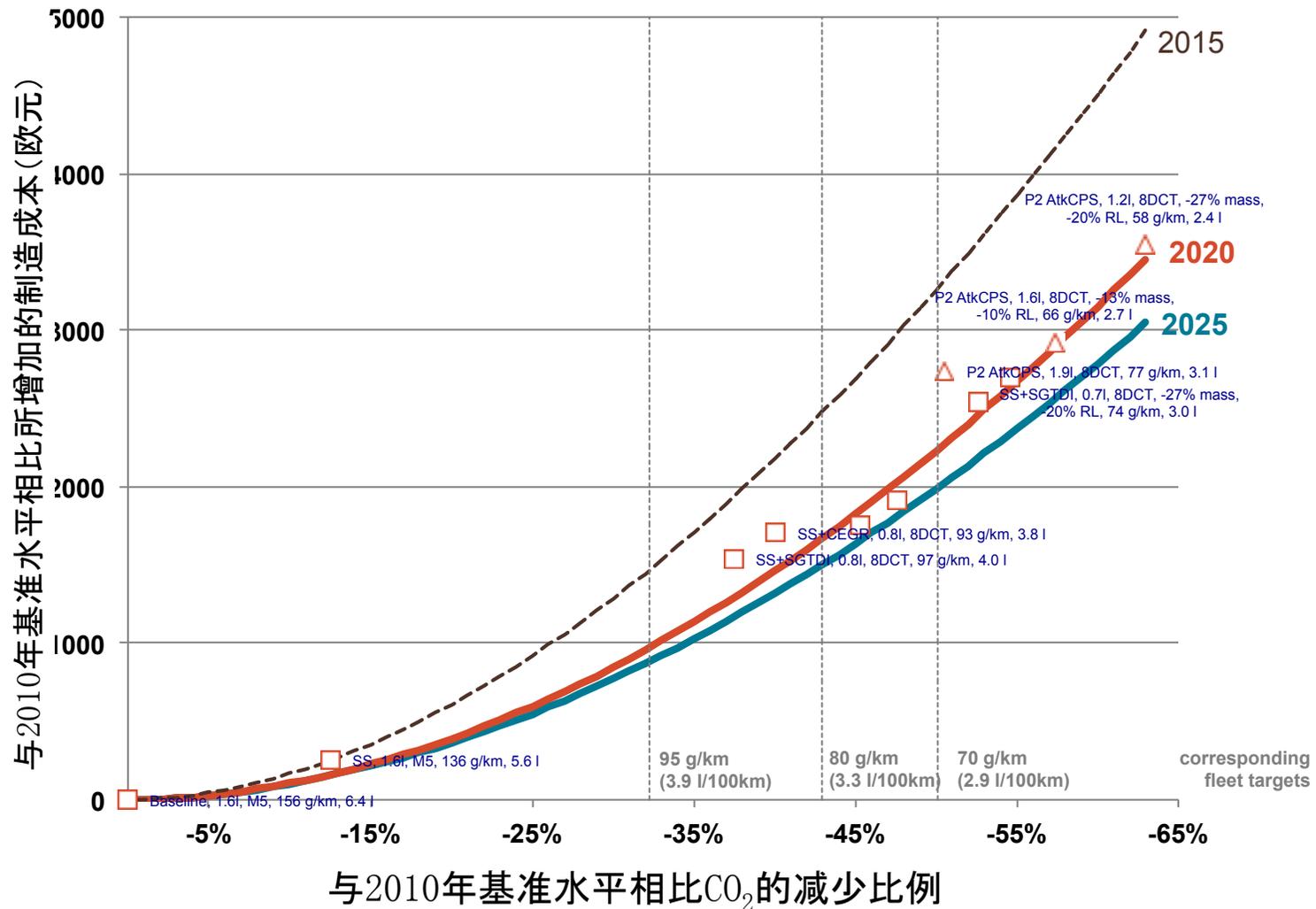
欧洲成本分析结果举例

汽油缸内直喷、涡轮增压发动机小型化

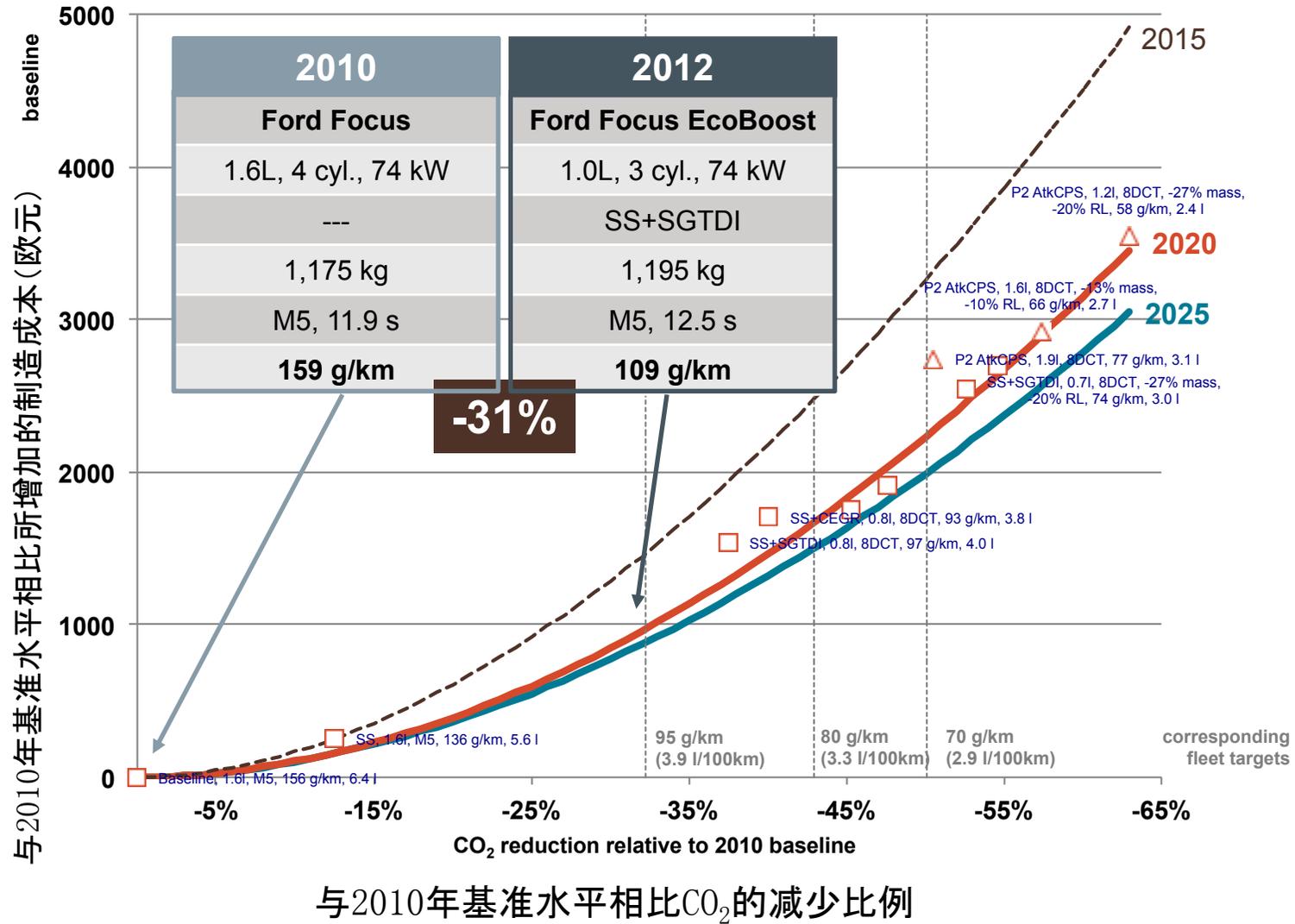
技术	ID	案例研究#	基线技术配置	新技术配置	欧洲市场份额	欧洲车辆市场实例	计算的增量 (直接) 制造成本 2010/2011 生产年度	应用适用技术的净增制造成本 (直接 + 间接成本)			
								2012	2018	2020	2026
发动机	小型化涡轮增压汽油直喷式内燃机										
	1	0100	1.4L, I4, 4V, DOHC, NA, PFI, dVVT, ICE	1.0L, I3, 4V, DOHC, Turbo, GDI, dVVT, ICE	微型车	VW Polo	€ 230	€ 371	€ 327	€ 267	€ 237
	2	0101	1.6L, I4, 4V, DOHC, NA, PFI, dVVT, ICE	1.2L, I4, 4V, DOHC, Turbo, GDI, dVVT, ICE	紧凑型/小型车	VW Golf	€ 360	€ 505	€ 460	€ 398	€ 367
	3	0102	2.4L, I4, 4V, DOHC, NA, PFI, dVVT, ICE	1.6L, I4, 4V, DOHC, Turbo, GDI, dVVT, ICE	中型车	VW Passat	€ 367	€ 520	€ 473	€ 407	€ 375
	4	0103	3.0L, V6, 4V, DOHC, NA, PFI, dVVT, ICE	2.0L, I4, 4V, DOHC, Turbo, GDI, dVVT, ICE	中型/大型车	VW Sharan	€ 80	€ 245	€ 194	€ 123	€ 89
	5	0106	5.4L, V8, 3V, SOHC, NA, PFI, sVVT, ICE	3.5L V6, 4V, DOHC, Turbo, GDI, dVVT, ICE	大型运动型多用途车	VW Touareg	€ 648	€ 946	€ 854	€ 726	€ 664
可变气门时标和升程的菲亚特MultiAir系统											
	6	0200	1.4L, I4, 4V, DOHC, NA, PFI, dVVT, ICE	1.4L, I4, 4V-MultiAir, SOHC, NA, PFI, ICE	微型车	VW Polo	€ 107	€ 159	€ 145	€ 126	€ 117

推导欧洲成本曲线

■ C级汽油车



用欧盟市场上新车信息验证分析结果



将该方法应用于 中国

目前进展：未代入中国成本元素的初步结果

应用的基础

- 中国轻型车油耗工况与欧盟相同
- 市场上主要车辆级别与欧盟接近

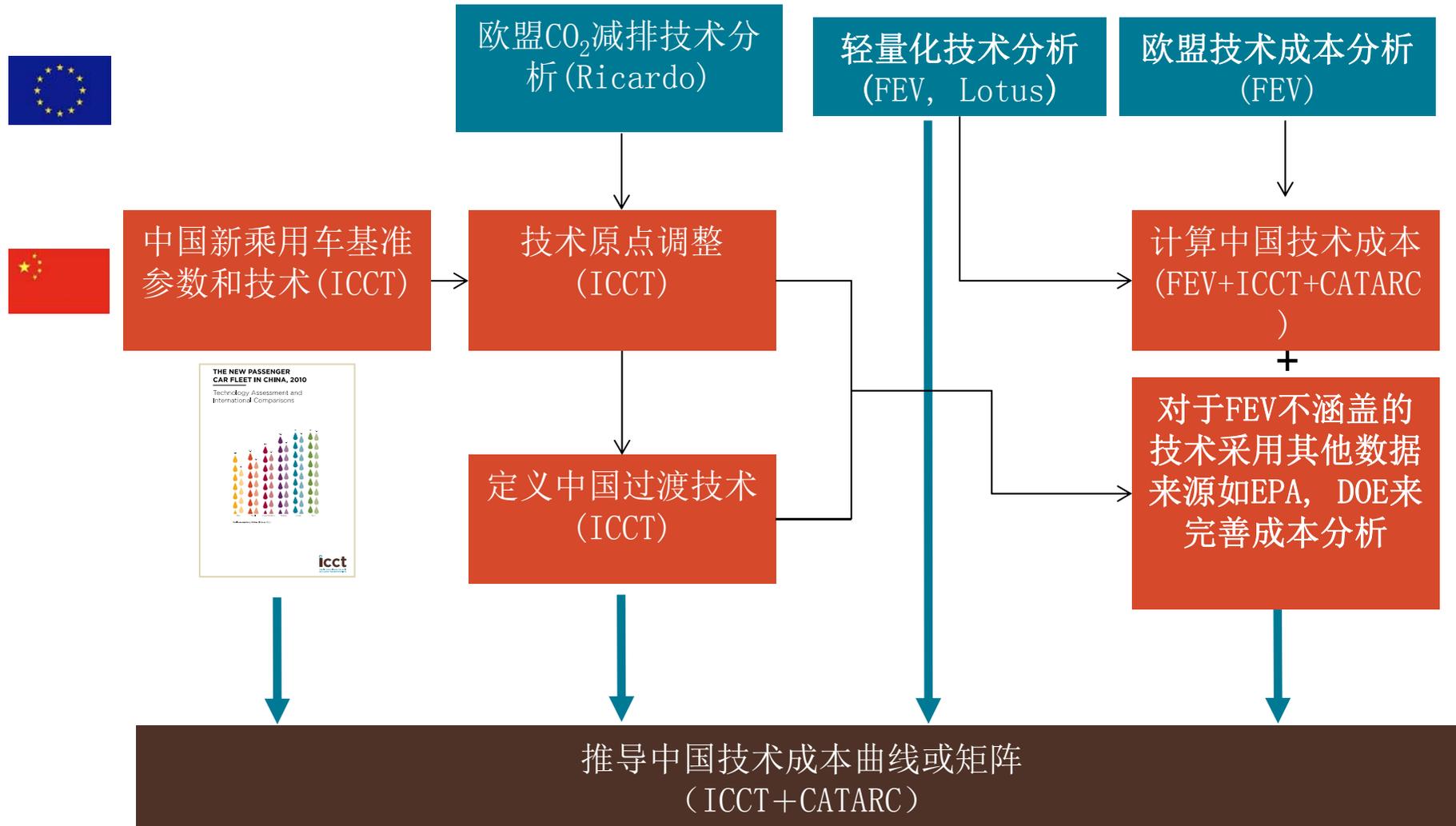
EU 2010 data for EU-27

Segment	Mini-cars		Small		Lower medium		Medium		Upper medium		Off-road		Car-derived vans	
	Petrol	Diesel	Petrol	Diesel	Petrol	Diesel	Petrol	Diesel	Petrol	Diesel	Petrol	Diesel	Petrol	Diesel
Market share	11%		29%		32%		11%		3%		9%		2%	
Representative model	Peugeot 107		Toyota Yaris		Volkswagen Golf		Toyota Avensis		BMW 5er series		BMW X3		Renault Kangoo	
Diesel share	7%		35%		59%		78%		81%		76%		77%	
Cylinder	3.6	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0	4.3	4.1	5.2	5.0	4.2	4.4	4.0	4.0
Displacement [L]	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	2.0	2.0	2.7	2.5	1.9	2.2	1.5	1.6
Power [kW]	51	51	63	61	87	83	128	109	177	144	111	123	68	67
Auto. transmission share	12%	12%	9%	3%	14%	12%	36%	21%	74%	61%	24%	37%	4%	4%
Curb weight [kg]	904	975	1105	1173	1312	1405	1514	1565	1708	1764	1450	1772	1402	1428
CO ₂ [g/km] (NEDC)	118	111	136	113	156	132	178	148	200	163	182	182	178	144

China 2010 passenger car data

Segment	Mini	Small	Lower medium	Medium	Large	SUV	Minivan
	Market share	6%	15%	32%	10%	4%	10%
Representative model	Chery QQ3	BYD F3	Hyundai Elantra	Honda Accord	Audi A6	Honda CR-V	Wuling Zhiguang
Diesel share	0%	0%	0%	0%	1%	6%	0%
Cylinder	3.5	3.9	4.0	4.1	5.0	4.1	4.0
Displacement [L]	1.1	1.4	1.6	2.0	2.4	2.1	1.1
Power [kW]	50	71	84	112	141	110	45
Auto. transmission share	17%	26%	44%	67%	89%	50%	0%
Curb weight [kg]	918	1080	1258	1464	1684	1567	998
CO ₂ [g/km] (NEDC)	150	157	173	199	211	211	178

数据来源和处理概览



调整到中国技术原点

车辆级别	B Yaris	微型轿车	B Yaris	小型轿车	C Focus	紧凑型	D Camry	中型轿车
发动机排量	1.5	1.1	1.5	1.4	1.6	1.6	2.4	2.0
发动机配置	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4
燃油系统	MPFI	MPFI	MPFI	MPFI	MPFI	MPFI	MPFI	MPFI
气门技术	VVT	Fixed	VVT	Fixed	Fixed	Fixed	VVT	Fixed
凸轮配置	DOHC	DOHC	DOHC	DOHC	DOHC	DOHC	DOHC	DOHC
变速器	A6	M5	A6	M5	M6	M5	A6	A5
启停技术	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
先进电机	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
电机能量回收	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
NEDC L/100km:	5.6	6.4	5.6	6.7	5.7	7.4	7.3	8.5

Class	D Camry	大型轿车	CUV Vue	SUV
Disp.	2.4	2.4	2.4	2.1
Engine Config.	I4	I4	I4	I4
Fueling:	MPFI	MPFI	MPFI	MPFI
Valve:	VVT	Fixed	VVT	Fixed
Cam Config.	DOHC	DOHC	DOHC	DOHC
Transmission:	A6	A6	A6	M5
Start-Stop:	Yes	No	Yes	No
Adv. Alternator:	Yes	No	Yes	No
Alternator Regen:	Yes	No	Yes	No
NEDC L/100km:	7.3	9.0	8.2	9.0

*VVT = 进气、排气双阀门可变正时和可变升程

	B Yaris	微面
Disp.	1.5	1.1
Engine Config.	I4	I4
Fueling:	MPFI	TBI
Valve:	VVT	Fixed
Cam Config.	DOHC	SOHC
Transmission:	A6	M5
Start-Stop:	Yes	No
Adv. Alternator:	Yes	No
Alternator Regen:	Yes	No
NEDC L/100km:	5.6	7.6
CdA (m2)	0.736	1.1242
RR	0.0094	0.009895
Mass (kg)	1054.602	998

定义符合中国国情的过渡技术包（发动机技术为例）

Ricardo第一个先进技术包=

ATT (发动机减阻+ VVT + DVVL + 变速器能效提高 + 换档优化+ 提前锁止 + 先进电机、能量回收 + EPS等不分车型的通用技术)
+ 化学平衡增压直喷(**STGDI**)
+ **Start stop**

— **SGTDI** = 中国情景 4

— **Start Stop** = 中国情景 2

— **Start Stop** — **SGTDI** = 中国情景 1

— **Start Stop** — **SGTDI** — **AT** = 中国基准
T

运用中国本地数据作为计算中国成本的假设

- 用本地数据更新4个主要成本模块
 - 材料数据库
 - 劳动力数据库
 - 分摊数据库
 - 附加值数据库
- 使用ICCT的间接成本因子
- 在考虑使用适合中国的学习因子

数据本地化和数据收集示意

Item	标准职业分类体系 SOCS Code (BLS)	直接劳动 职务 Direct Labor Title (BLS)	直接劳动 工作内容 Direct Labor Description (BLS)	Currency	Active Rate		中国时薪均值 (元) Mean China Hourly (REF) ¥/HR		间接劳动比率 Indirect Labor Rate Ratio IRR %/%			间接劳动每小时贡献 Indirect Labor Contribution \$/Hour		维护和运营劳动比率 MRO Labor Rate Ratio MLRR %/%		MRO Labor Contribution \$/Hour		Fringe Allocation %/		Fringe Contribution \$/Hour		Total Labor Rate \$/Hour	
					2013	2013	Hourly Wage Percentage 10%	Hourly Wage Percentage 25%	时薪中位数 Median Hourly Wage	Hourly Wage Percentage 75%	Hourly Wage Percentage 90%	Indirect Labor Rate Ratio IRR %/%	Indirect Labor Contribution \$/Hour	MRO Labor Rate Ratio MLRR %/%	MRO Labor Contribution \$/Hour	Fringe Allocation %/	Fringe Contribution \$/Hour	Fringe Contribution \$/Hour	Total Labor Rate \$/Hour				
for Vehicle Manufacturing OEM - NAICS 336100																							
1	51-2022	电气和电子设备装配工 Electrical and Electronic Equipment Assemblers	组装和调整电气和电子设备, 比如计算机, 测试设备, 遥测系统, 电动马达和电池 Assemble or modify electrical or electronic equipment, such as computers, test equipment telemetering systems, electric motors, and batteries.	¥ CNY							42.11%	¥0.00	13.22%	¥0.00	160.00%	¥0.00	¥0.00	160.00%	¥0.00	¥0.00	¥0.00	¥0.00	
2	51-2031	发动机和其他机器装配工 Engine and Other Machine Assemblers	建造, 组装或者重建机器, 比如发动机, 涡轮机和其他相似运用于类似行业的机器, 比如建筑业, 采掘业, 纺织业和造纸业 Construct, assemble, or rebuild machines, such as engines, turbines, and similar equipment used in such industries as construction, extraction, textiles, and paper manufacturing.	¥ CNY							34%	¥0.00	11%	¥0.00	160.00%	¥0.00	¥0.00	160.00%	¥0.00	¥0.00	¥0.00	¥0.00	
3	51-2092	团队装配工 Team Assemblers	团队作业, 组装整个产品或零部件-任务分配到团队, 团队成员轮流作业, 个人没有严格工作内容划分 Work as part of a team having responsibility for assembling an entire product or component of a product. Team assemblers can perform all tasks conducted by the team in the assembly process and rotate through all or most of them rather than being assigned	¥ CNY							44%	¥0.00	11%	¥0.00	160.00%	¥0.00	¥0.00	160.00%	¥0.00	¥0.00	¥0.00	¥0.00	
4	51-2099	其他装配工和组装制造人员 Assemblers and Fabricators, All Other	所有未单列的装配工和组装制造人员 All assemblers and fabricators not listed separately.	¥ CNY							38%	¥0.00	13%	¥0.00	160.00%	¥0.00	¥0.00	160.00%	¥0.00	¥0.00	¥0.00	¥0.00	
5	51-4011	计算机控制机器工具操作人员 (金属和塑料) Computer-Controlled Machine Tool Operators (Metal & Plastic)	操作计算机控制的机器或机器人用以完成一个或更多机器功能以及制造金属或塑料工件 Operate computer-controlled machines or robots to perform one or more machine functions on metal or plastic work pieces.	¥ CNY							42%	¥0.00	12%	¥0.00	160.00%	¥0.00	¥0.00	160.00%	¥0.00	¥0.00	¥0.00	¥0.00	
6	51-4031	切割机, 冲床和压制机的设备安装使用和维护人员, 金属和塑料 Cutting, Punching, and Press Machine Setters, Operators and Tenders, Metal and Plastic	安装使用以及维护机器用以切割, 剪切, 穿孔, 开槽口, 玩表, 或拉直金属或塑料 Set up, operate, or tend machines to saw, cut, shear, slit, punch, crimp, notch, bend, or straighten metal or plastic material.	¥ CNY							38%	¥0.00	19%	¥0.00	160.00%	¥0.00	¥0.00	160.00%	¥0.00	¥0.00	¥0.00	¥0.00	

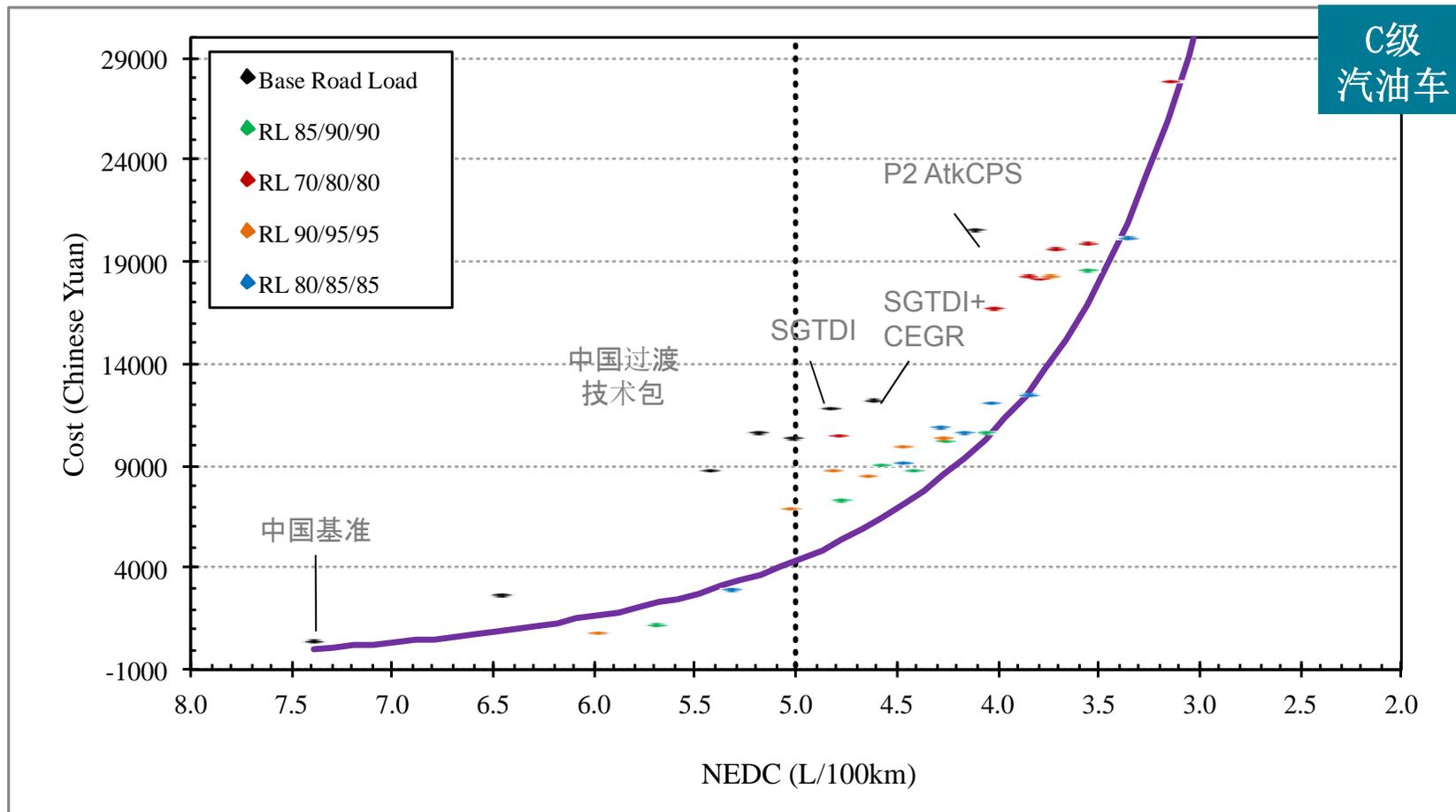
IMPORTANT:
Need updated values for green highlighted cell.
Yellow highlighted cells would be useful for sensitivity, but not 100% mandatory

IMPORTANT:
Left US Indirect, MRO and Fringe Ratios for reference. I would expect these to be a lot different for China.
i.e., columns s, U and X

Code (USA)	Classification (USA)	Code (CHN)	Classification (CHN)
51-2022	Electrical Assembly-OEM	6050400	电气元件装配工
51-2031	Complex Assembly-OEM	6050300	动力设备装配工
51-2092	General Assembly-OEM	6050201	底盘装配工
51-2099	Work Cell Operator-OEM	6050201	装配钳工
51-4011	CNC Operator-OEM	6040108	数控操作工
51-4031	Cut/Punch/Forming Operator-OEM	6040400	钣金工
51-4033	Grinding/Polishing Operator-OEM	6040104	磨工
51-4122	Welding/Soldering Operator-OEM	6040201	铸工
51-9122	Painter Operator-OEM	6040502	涂装工

ICCT+CAT
ARC+FEV

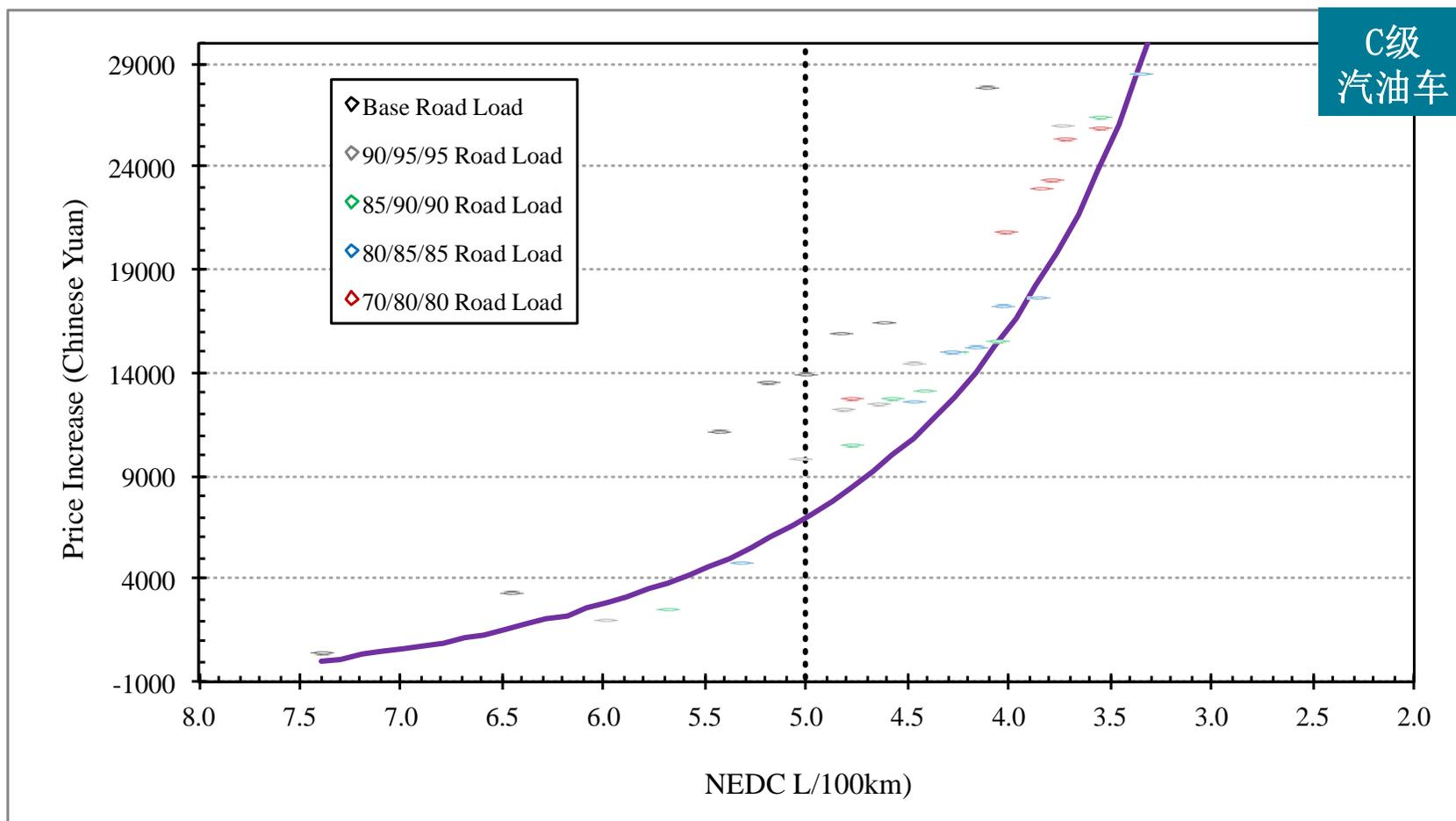
分析结果示意：在东欧技术成本基础上加入中国技术原点调整和过渡技术的2020年增量成本



- 每个点代表在某一道路负载情景下的一个技术包
- 成本曲线依据最具有成本效益的技术包回归得出
- 因中国数据尚未收集整理完毕，所有成本数值都为东欧成本，仅做参考

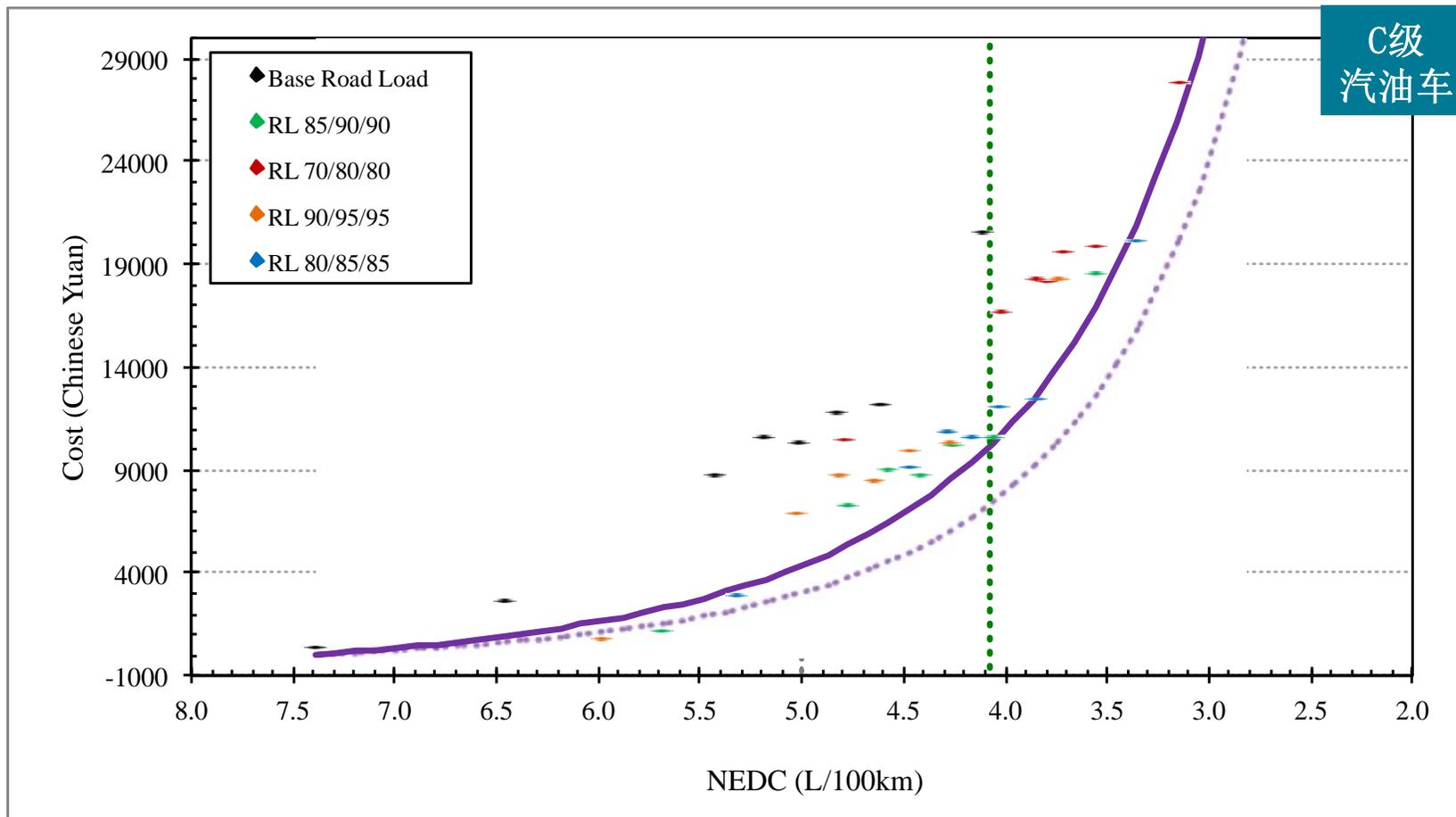
C级车2020年达到5L/100km目标企业增量成本不到5000元，这一结果很可能比较保守（较高的估计）

分析结果示意：基于东欧调整后的2020年售价差异



- 成本曲线依据最具有成本效益的技术包回归得出
- 因中国数据尚未收集整理完毕，所有成本数值都为东欧成本，仅做参考
- C级车2020年达到5L/100km目标的售价增长约7,100 Yuan

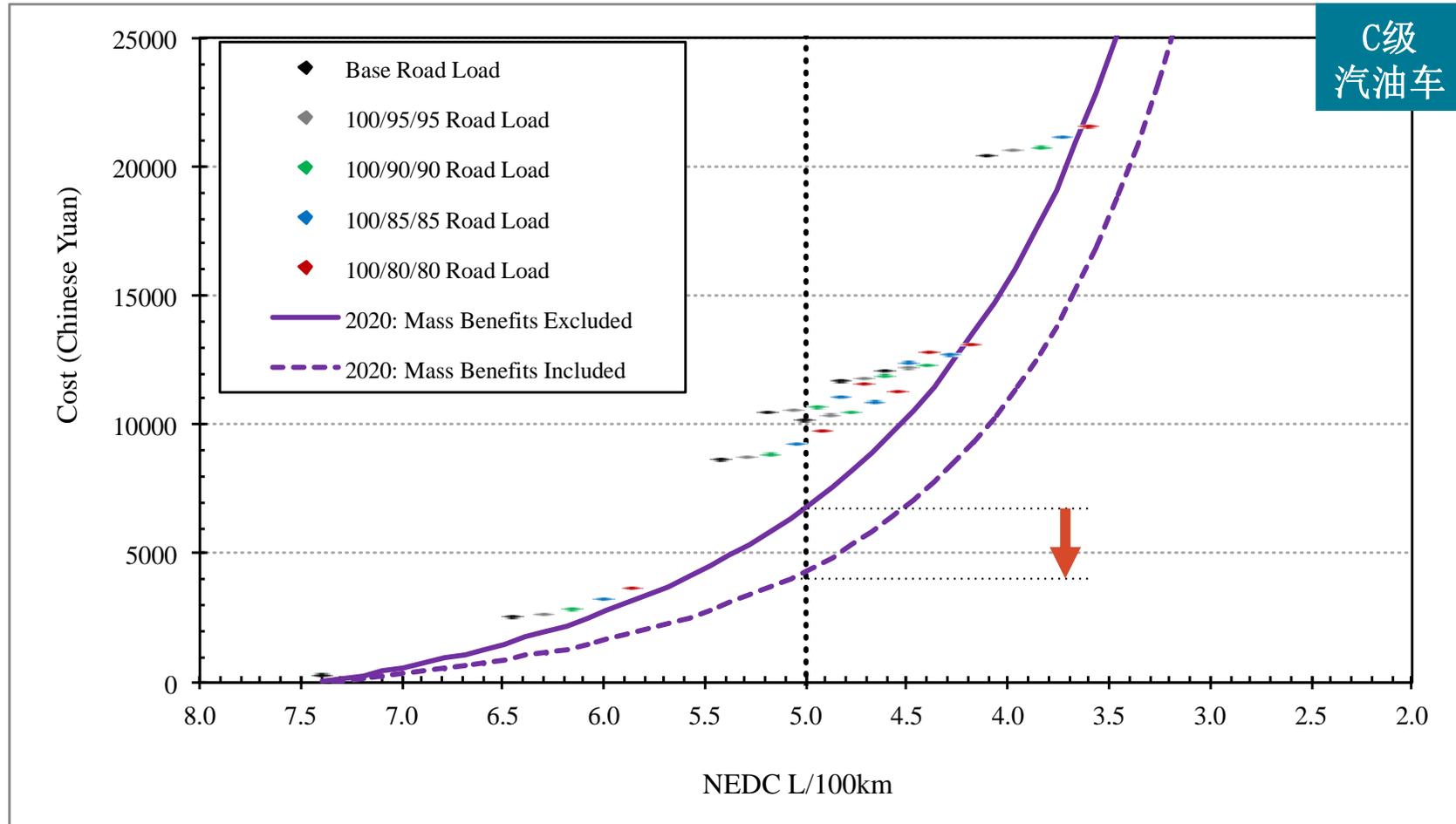
分析结果示意：根据东欧调整后的2025年企业增量成本



假设2025年车队目标值在2020年5L/100km基础上以每年4%加严，2025年目标值为4.1L/100km

标准的评价体系对技
术应用有重要意义

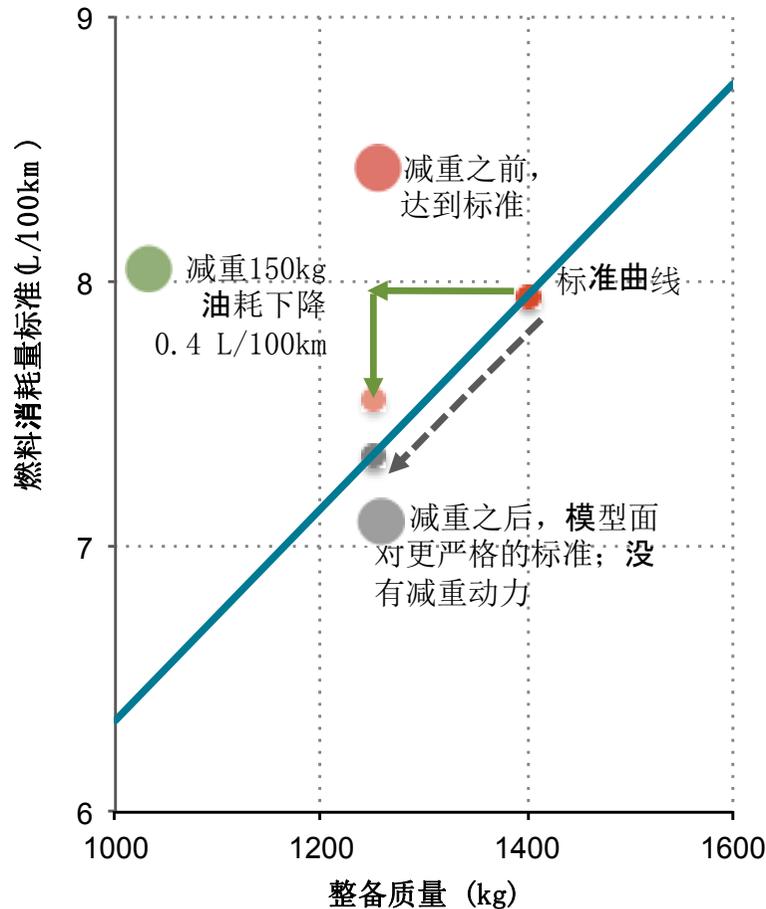
轻量化技术能显著降低达标成本（基于初步结果）



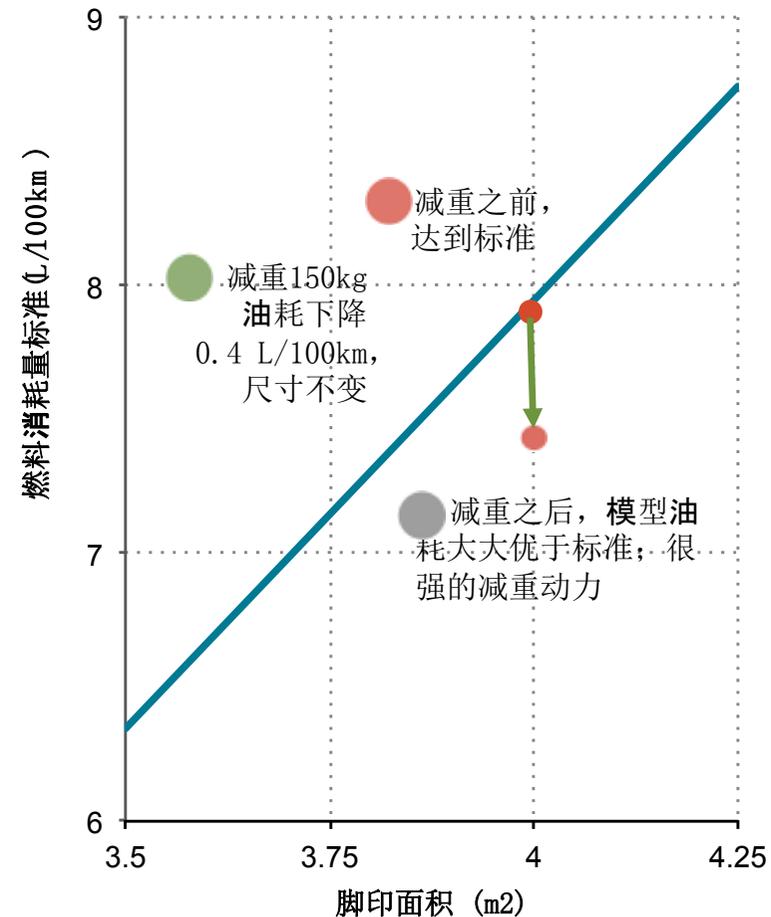
同样是C级车2020年达到5L/100km目标值，考虑轻量化技术比不考虑轻量化技术成本降低2500元，或相当于35%的达标增量成本

标准的评价体系对技术应用有重要意义

基于质量的标准系统

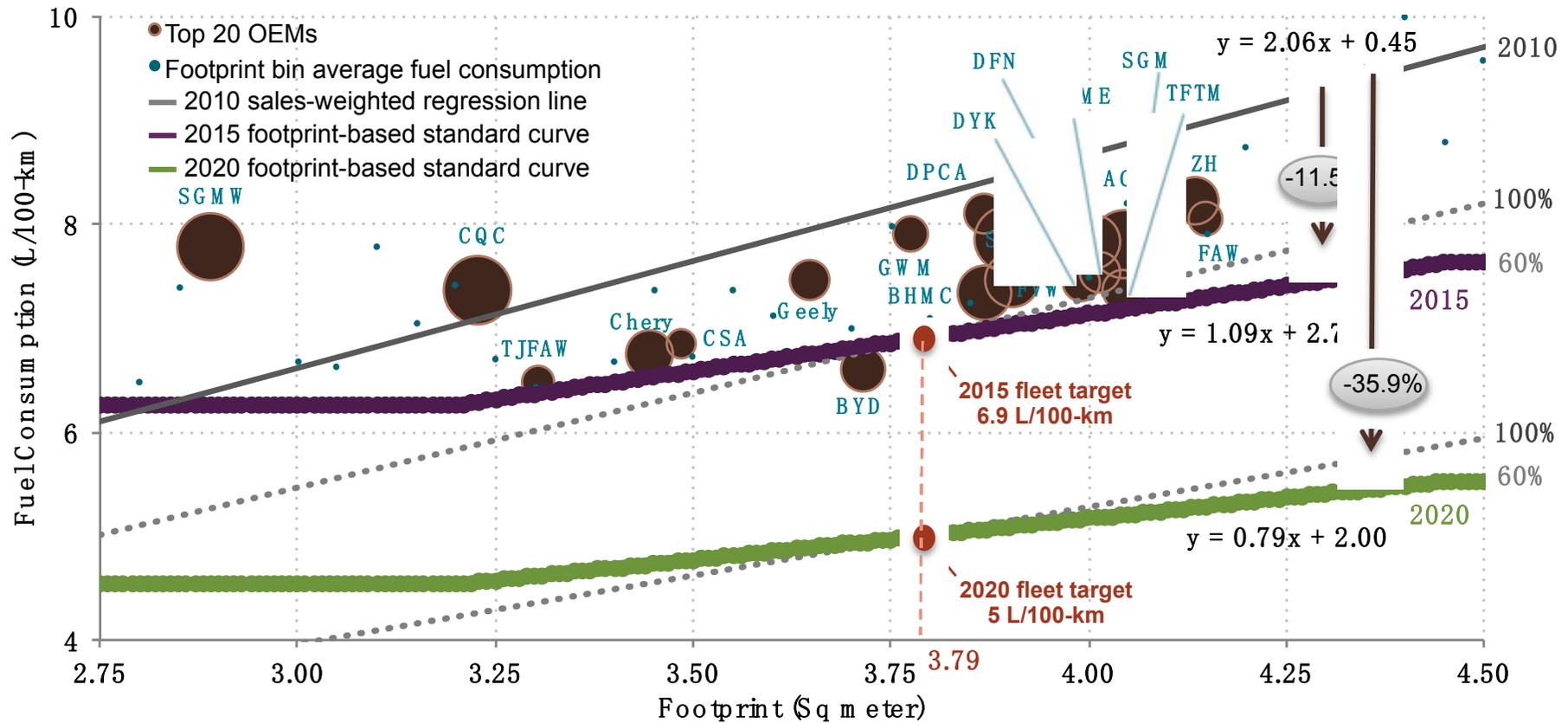


基于尺寸的标准系统



- 以车辆质量为评价体系不能完全鼓励轻量化技术应用
- 以车辆尺寸（尤其脚印面积）为评价体系给予轻量化技术完全的激励

为此我们为中国设计了脚印面积标准曲线



…而不改变2015年和2020年整体车队油耗目标，但重要的是对达标成本降低意义很大

结论

- 本研究使用了由美国EPA主导开发又应用于欧盟的新研究方法：Ricardo车辆技术模拟和FEV拆解成本分析法。
- 具有高度客观性和透明性，并接近汽车企业内部的分析方法，因而可以作为中国现有的对车辆技术潜力和成本分析的有益的补充。
- 虽然我们的中国化工作尚未完成，**初步结果**显示可以以合理的增量成本在2020年达到5L/100km目标。
- 主要技术路径为改善发动机、变速器、附件能效和车辆轻量化，不必须依赖于昂贵的电动技术、或柴油技术。
- 选择适当的、技术中立的、可充分鼓励轻量化技术的标准评价体系对降低达标成本非常重要。

谢谢！

hui@theicct.org

www.theicct.org

Publications

- Ricardo: “Computer Simulation of Light-Duty Vehicle Technologies for Greenhouse Gas Emission Reduction in the 2020-2025 Timeframe”, Dec. 2011.
 - Computer simulations of 6 baseline vehicles, gasoline direct injection with turbocharging, boosted EGR, Atkinson cycle (for hybrids), both parallel (P2) and powersplit hybrid systems, 6/8 speed advanced automatic transmissions, and dual-clutch automated manual transmissions (DCT).
 - <http://www.epa.gov/otaq/climate/documents/420r11020.pdf>
- Ricardo: “Analysis of GHG Emission Reduction Potential of Light Duty Vehicle Technologies in the European Union for 2020–2025”, May 2012
 - Added NEDC and JC08 test cycles, added C class vehicle (Golf/Focus) and small commercial van (Ford Transit), updated diesel engine map, compared manual transmission to DCT efficiency
 - <http://www.theicct.org/ghg-emission-reduction-potential-ldv-technologies-eu-2020-2025>
- FEV: “Light-Duty Vehicle Technology Cost Analysis – European Vehicle Market (Phase 1)”, May 2012.
 - Created and used European materials, labor, overhead, and mark-up to translate US cost estimates to Europe for: Downsized turbocharged GDI; 6- and 8- speed auto transmission; 6 speed wet DCT; Variable valve timing (VVT); Powersplit hybrid; P2 hybrid; Electrical air compressor
 - <http://www.theicct.org/light-duty-vehicle-technology-cost-analysis-european-vehicle-market>
- FEV: “Light-Duty Vehicle Technology Cost Analysis – European Vehicle Market, Additional Case Studies (Phase 2)”, Sept. 2012.
 - Diesel engine downsizing; 2500 bar diesel injection systems; Diesel VVT; Two stage Diesel EGR; Cooled and uncooled low-pressure gasoline EGR; 6-spd dry DCT; start-stop system evaluation
 - <http://www.theicct.org/light-duty-vehicle-technology-cost-analysis-european-vehicle-market>
- ICCT: “Initial processing of Ricardo vehicle simulation modeling CO2 data”, July 2012.
 - <http://www.theicct.org/initial-processing-ricardo-vehicle-simulation-modeling-co2-data>
- ICCT: “Summary of the EU cost curve development methodology”, November 2012.
 - <http://www.theicct.org/eu-cost-curve-development-methodology>

Ricardo分析的技术包和假设

发动机	进气系统	供油系统	废气循环	阀门系统	
				凸轮廓线变换	数字式阀门驱动
2010基准	无	点喷	无	无	无
化学当量涡轮增压直喷	提升	直喷	无	有	无
稀燃涡轮增压直喷	提升	直喷	无	有	无
废气循环涡轮增压直喷	提升	直喷	有	有	无
阿式发动机配凸轮廓线变换	无	直喷	无	有	无
阿式发动机配数字式阀门驱动	提升	直喷	无	无	有
柴油	无	直喷	有	有	无

3.5%的油耗来自在未来的发动机的摩擦改进技术的组合

功能	2010基准	Stop-start	P2并联	混联
发动机怠速熄火	有	有	有	有
起步辅助	无	无	有	有
能源回收再生	无	无	有	有
电动车模式	无	无	有	有
电控无极变速	无	无	无	有
转向	皮带	电子	电子	电子
发动机冷却剂泵	皮带	皮带	电子	电子
空调	皮带	皮带	电子	电子
刹车系统	标准	标准	混合	混合

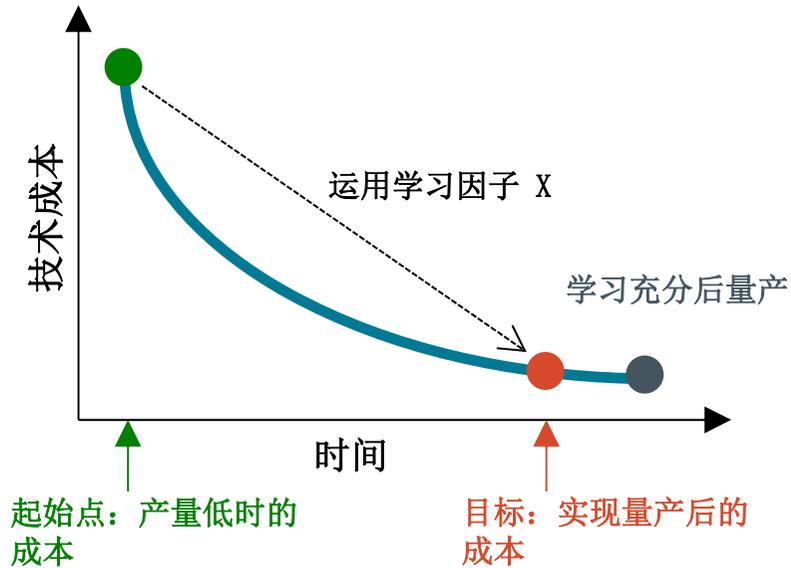
变速器	发动装置	离合器
基准自动	扭矩转换器	液力
先进自动	多阻尼控制	液力
干双离合	无	先进干离合
湿双离合	无	先进湿离合

Back out the technologies and costs to get to China's starting point

- Additional data sources used to assess fuel savings and costs for pre-baseline and intermediate technologies
 - EPA's earlier technology studies incl.
 - Lumped parameter model
 - MY2012-2016 TSD
 - DOE earlier studies (NEMS)
 - Other studies such as ICCT emissions technology report, Meszler Engineering models
- Adjust the cost to China cost using an adjustment factor, a ratio between FEV's estimated China cost of future technology packages and the cost from EPA of the same packages

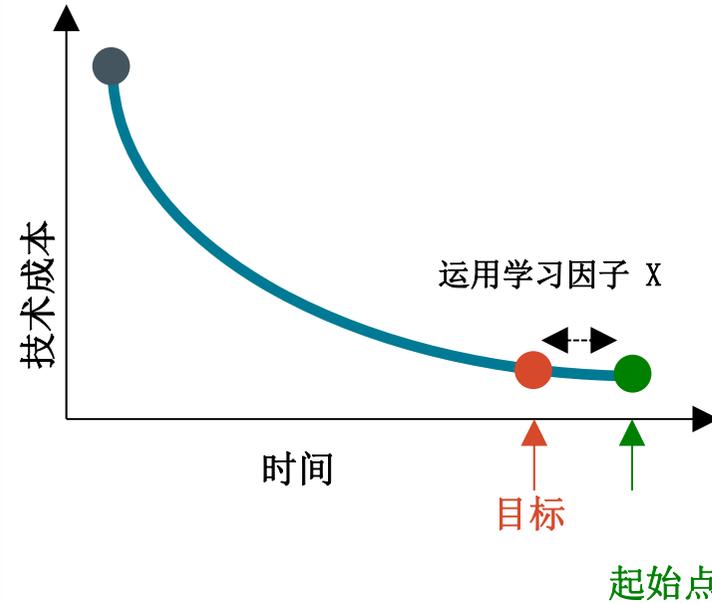
拆解分析的主要原理

“传统”分析方法



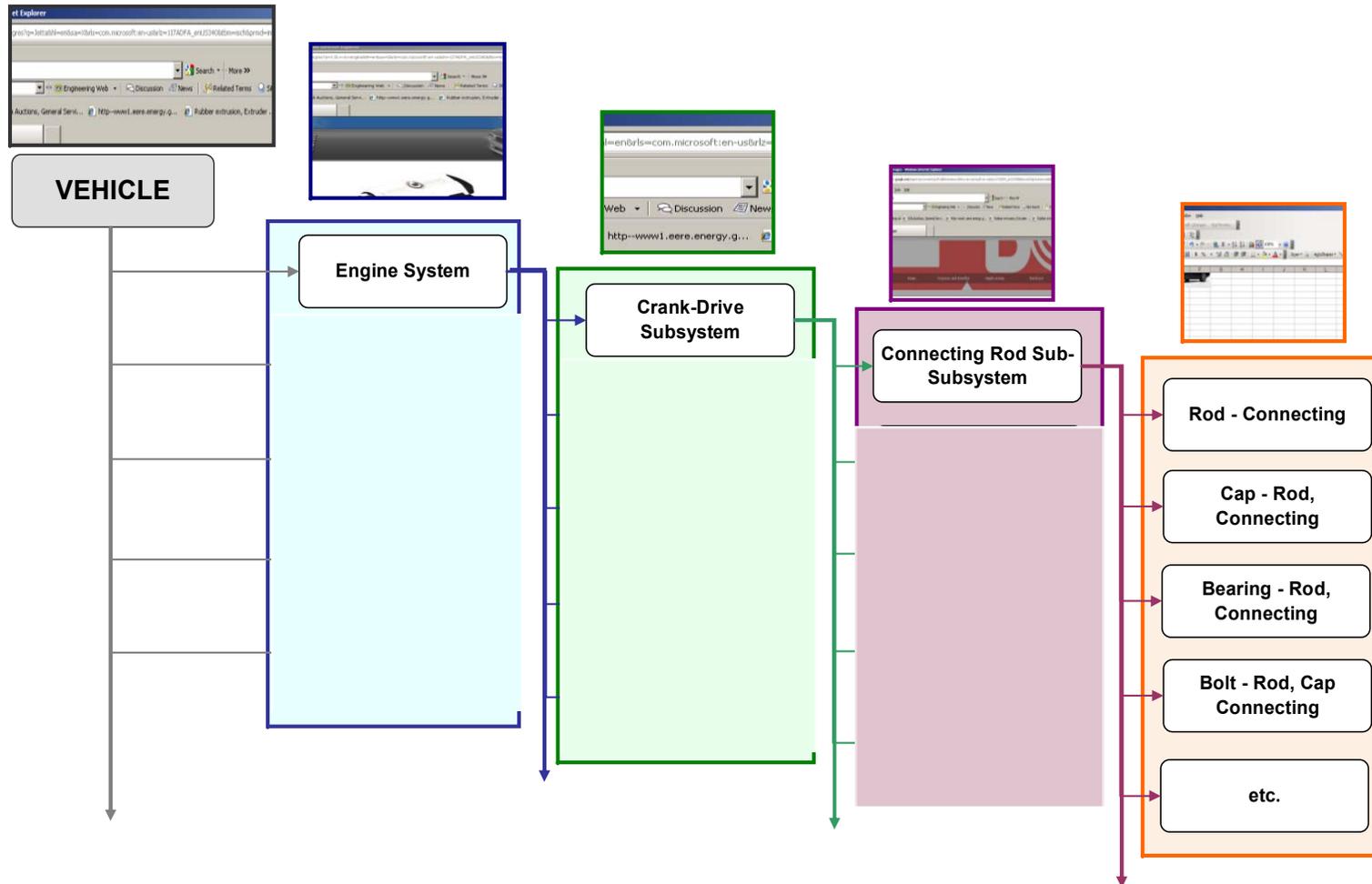
- 低产量时的生产方式与量产时非常不同
- 学习因子在一个较长时期运用（较高不确定性）

拆解分析法



- 学习充分后量产阶段的成本分析会非常精确
- 学习因子在一个较短时期运用（不确定性小）

层层拆解概览



欧盟所有车辆级别2025年CO₂减排成本曲线

2025年成本曲线展示

