



新能源汽车燃料和材料全生命周期的 能源和环境影响研究

吴烨

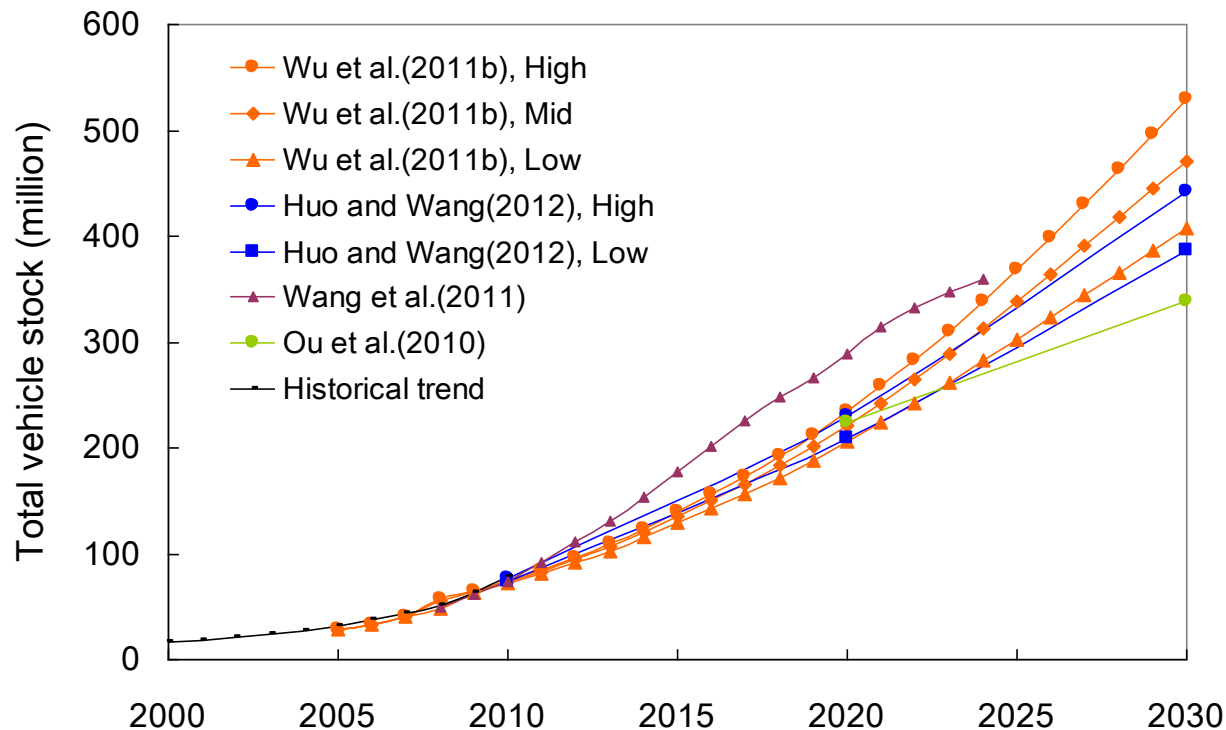
清华大学环境学院

第三届交通节能减排技术和政策研讨会

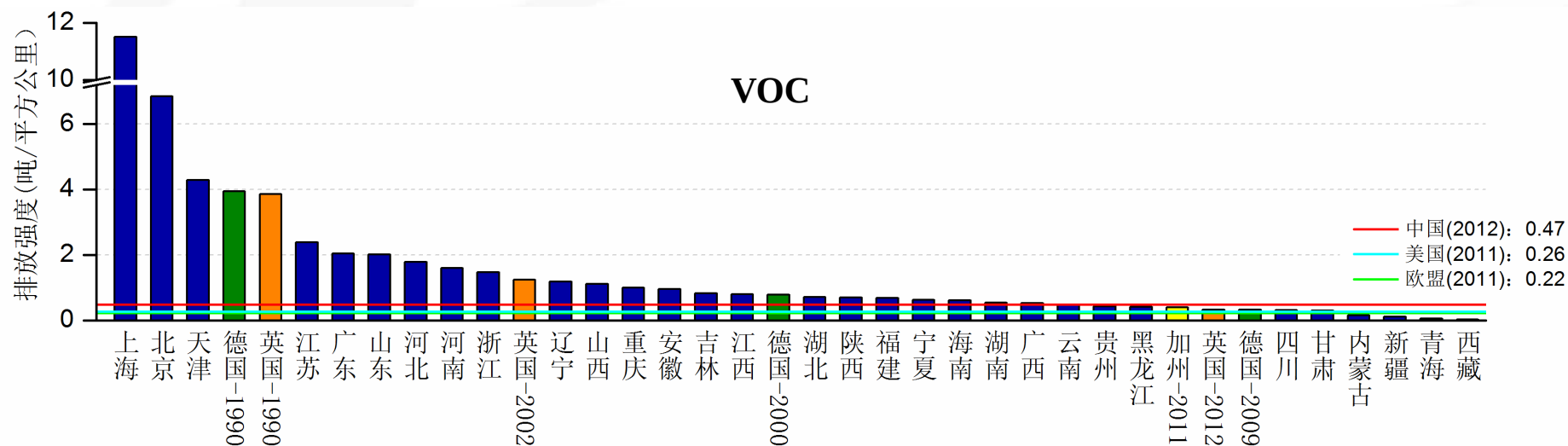
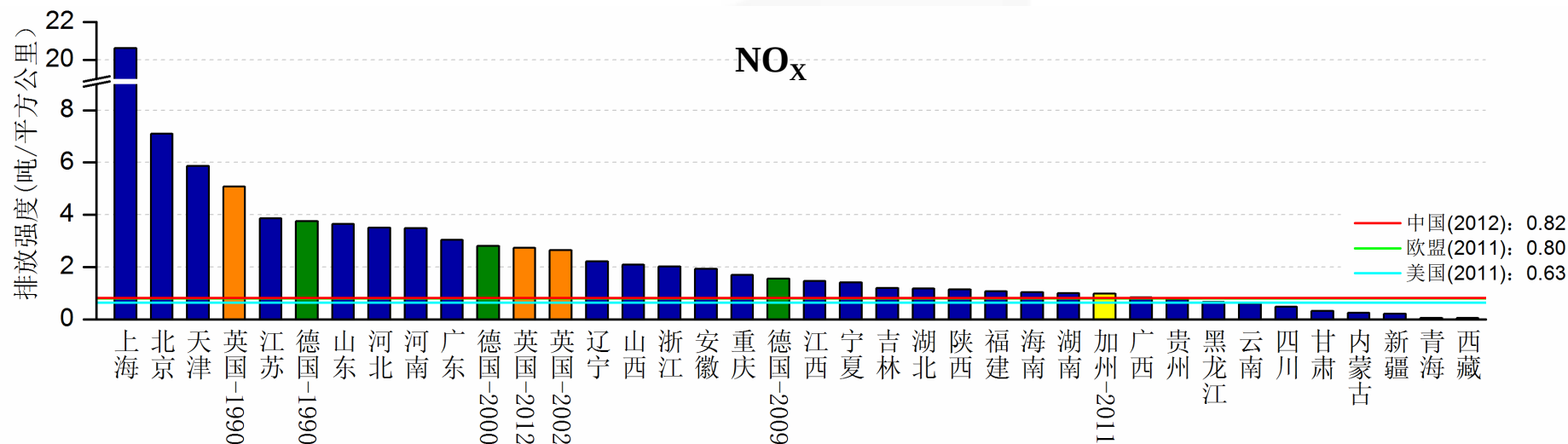
11月21日，北京

中国正在快速进入汽车时代：挑战和机遇？

国内外多项研究均显示：**2020年**我国汽车保有量将达到**2.0-2.5亿辆**，**2030年**达到**3.5-5.0亿辆**！**2025年前后将成为全球汽车保有量最大的国家**！



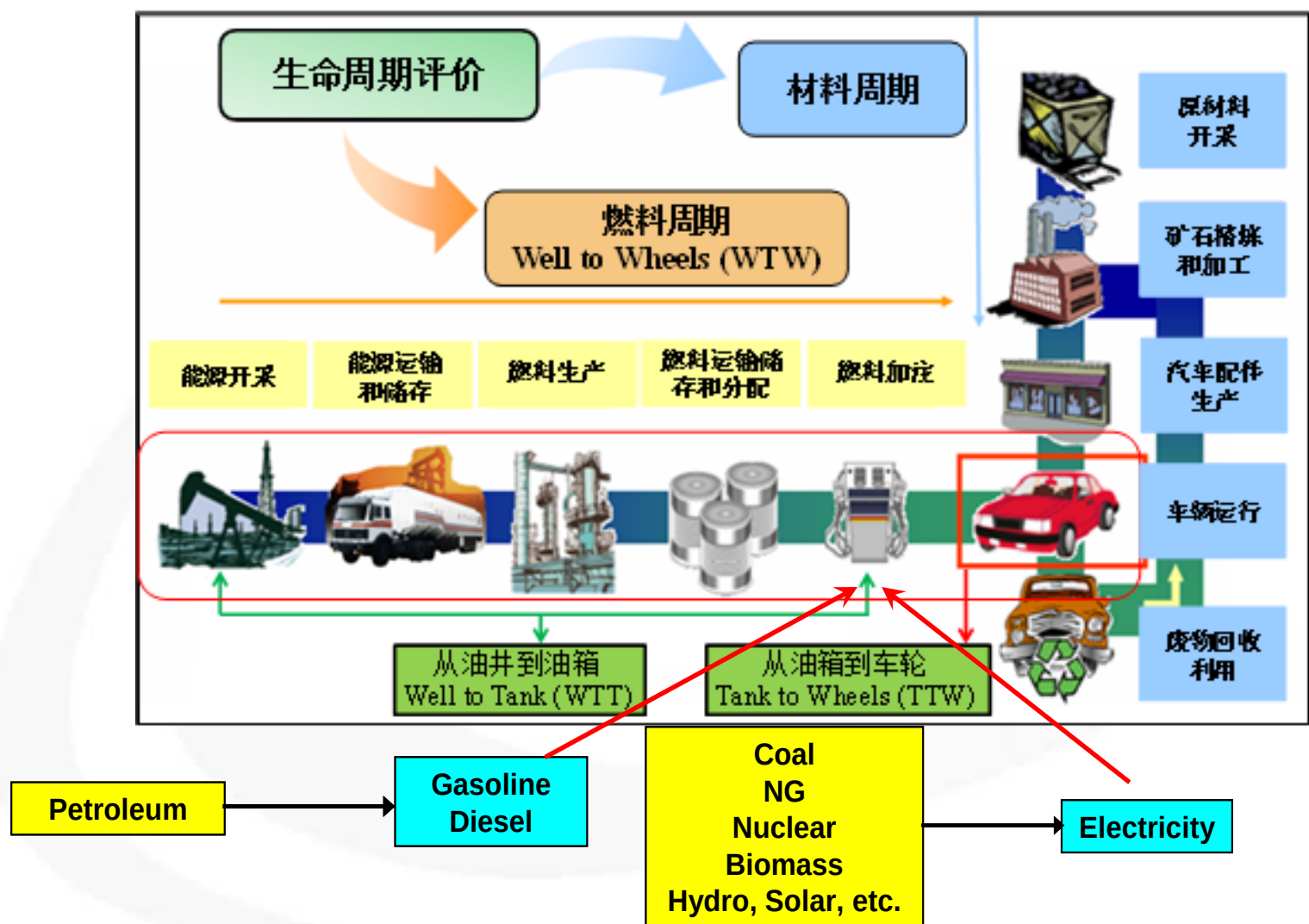
当前中国东部机动车排放强度远高于发达国家



新能源汽车在中国的发展正在提速



针对新能源汽车的能源环境影响分析需从车用燃料和车用材料两个层面进行全面的生命周期评估



新能源汽车“车用燃料-车用材料-车辆运行”全生命周期分析需要海量的基础数据支撑

■ 车用燃料上游（WTT）过程能耗和排放数据库

- ✓ 电力生产过程：区域电力构成和火力发电效率
- ✓ 电力生产过程：关键控制技术构成和污染物排放因子
- ✓ 原油开采和炼制过程：能源效率和排放因子
- ✓ 天然气开采、生产和运输过程：能源效率和排放因子
- ✓ 其它：关键原料和燃料的运输、储存等过程能耗和排放因子

■ 车辆运行阶段（TTW）能耗和排放数据库

- ✓ 传统汽油车/柴油车：分标准燃油经济性和污染物排放因子
- ✓ HEV/PHEV/EV：燃油经济性改善比例和污染物排放改善比例
- ✓ 其它：CNG公交车燃油经济性和排放因子

■ 车用材料生命周期数据库（现阶段只涉及能耗和CO₂）

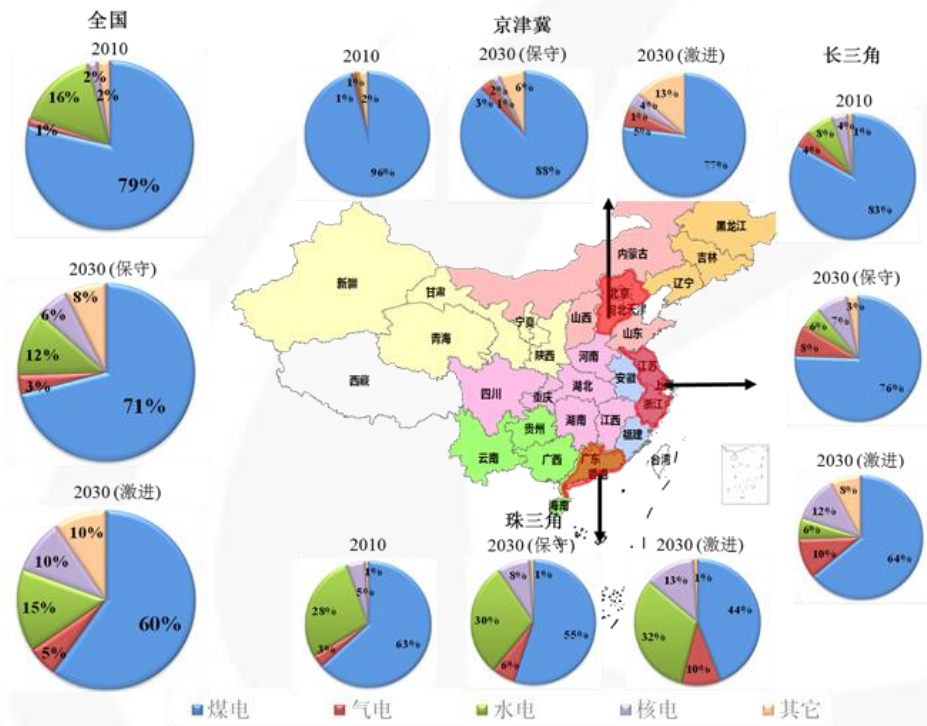
- ✓ 关键车用部件的材料构成
- ✓ 典型原材料开采和冶炼过程：钢铁、铜、铝、锂、镍...
- ✓ 关键车用部件的生产过程：车用电池（铅酸、镍氢和锂离子电池）...
- ✓ 车用材料和车辆的回收利用过程的能耗

近期出台的一系列重要法规标准和规划将显著影响电动车生命周期能源和环境效益的评估

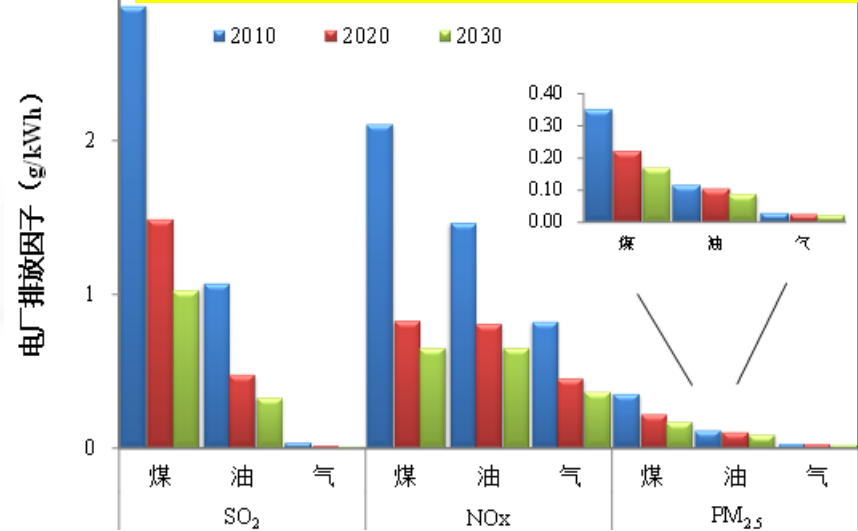
- ✓ 节能与新能源汽车产业发展规划（2012-2020）
- ✓ 第三/四阶段燃油经济性标准
- ✓ 十二五/十三五总量控制目标（NO_x和SO₂）
- ✓ 新修订的国家环境空气质量标准
- ✓ 全国及各地大气污染防治行动计划
- ✓ 全国火电厂污染物排放标准
- ✓ 国五汽油/柴油标准
- ✓ 国五/国六轻型车/重型车污染物排放标准
- ✓ ...

上游电力生产过程的关键参数

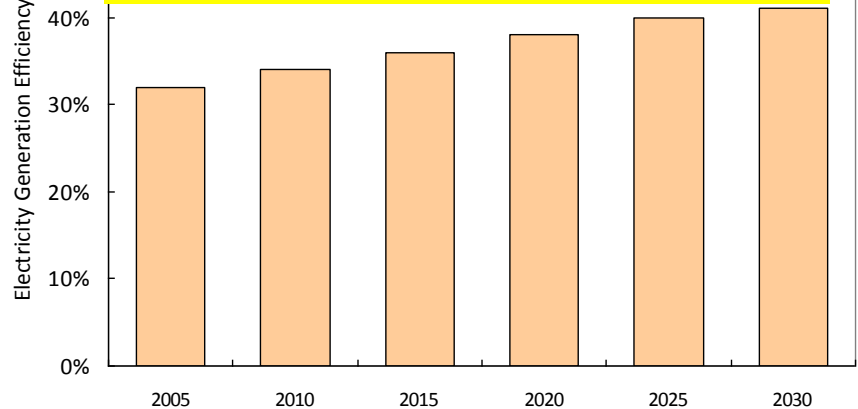
分区域电力构成, 2010-2030



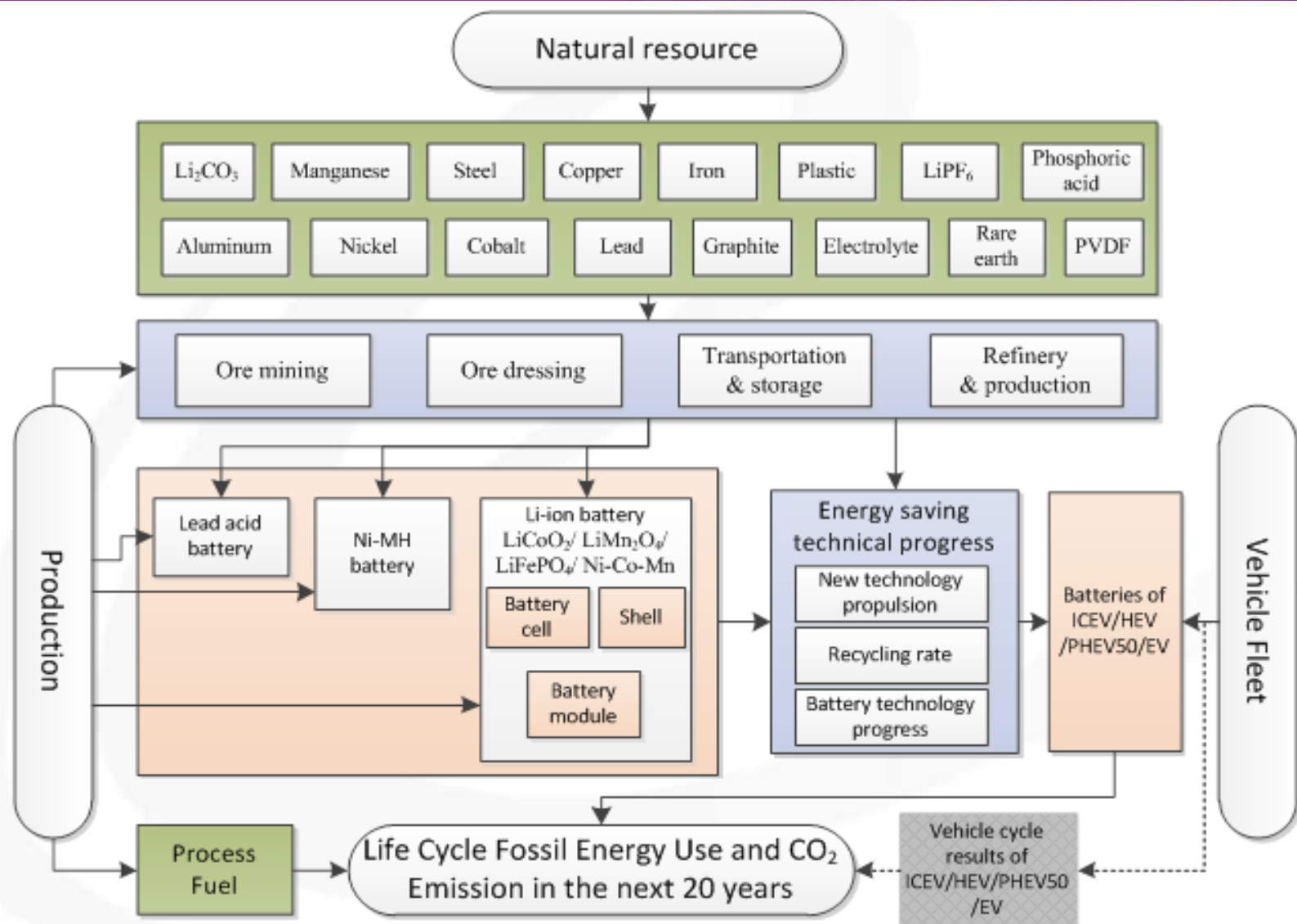
火电排放因子, 2010-2030



煤电发电效率, 2010-2030

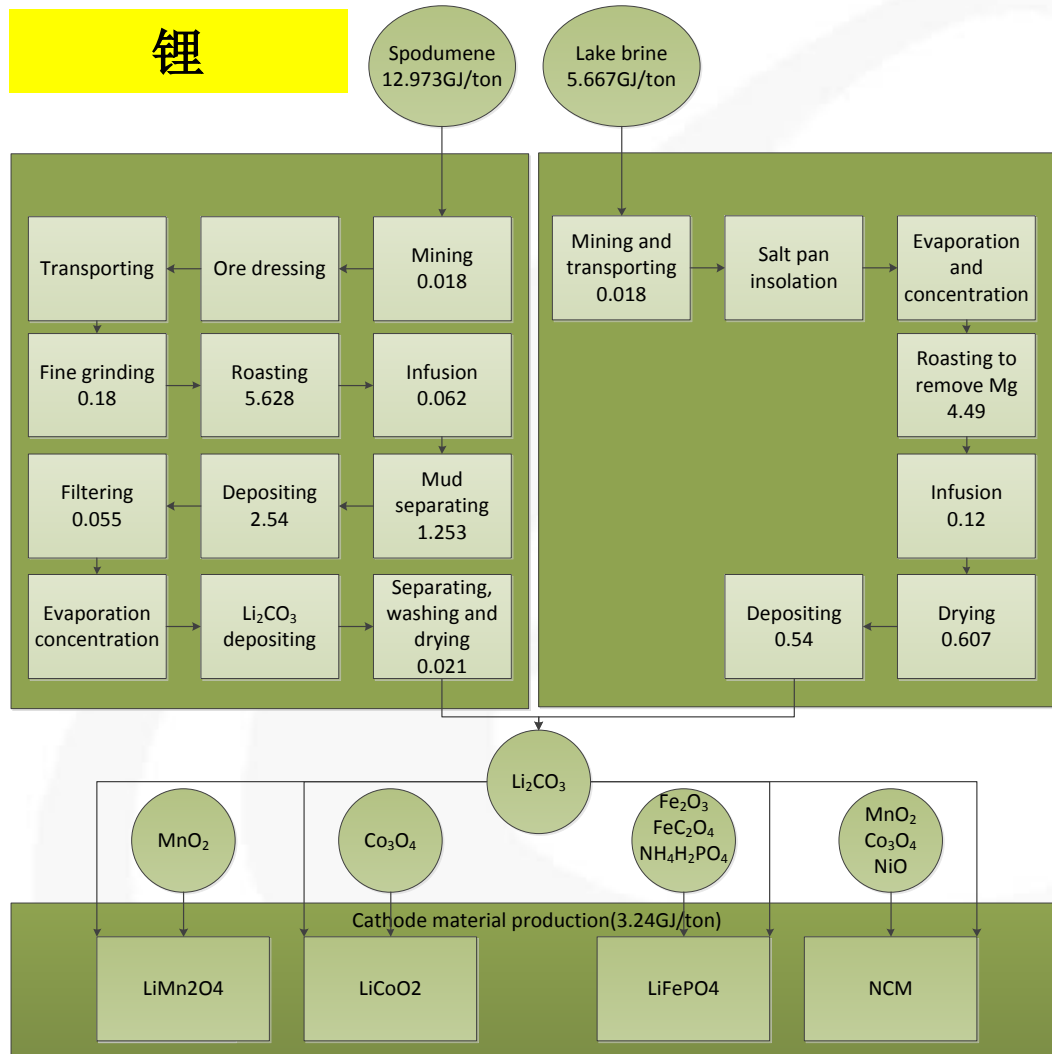


上游车用材料和车用部件生产过程的关键参数

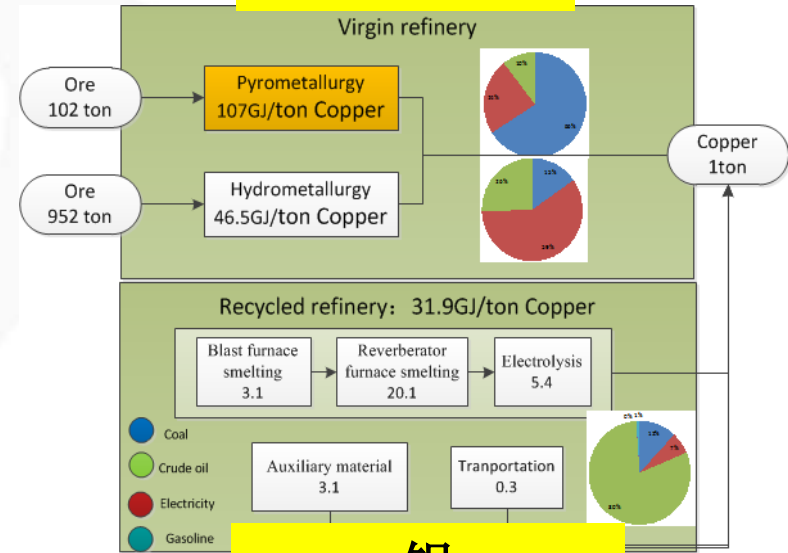


上游车用材料和车用部件生产过程的关键参数

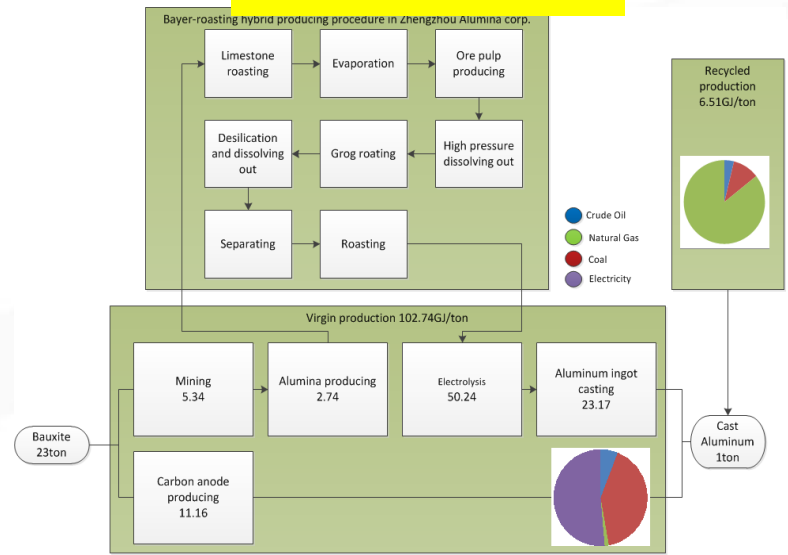
锂



铜

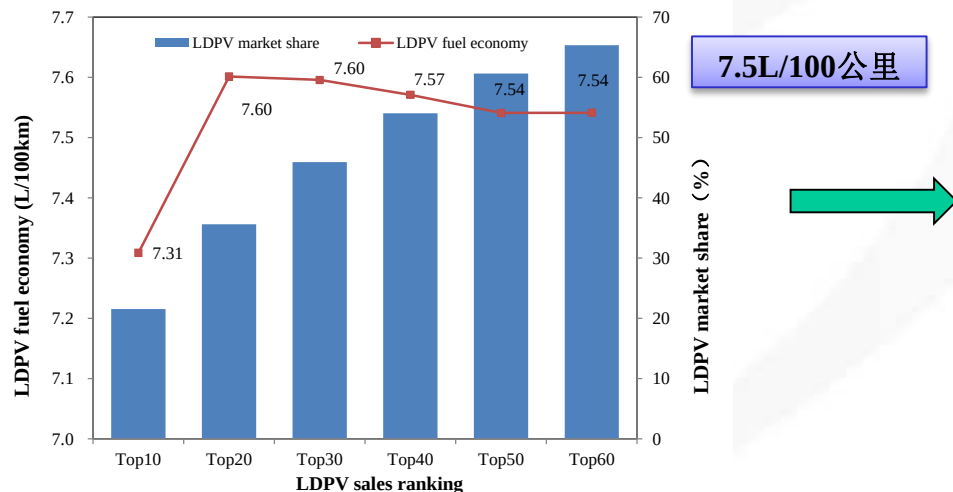


铝



车辆运行阶段的关键参数：1) 轻型车

认证的汽油车燃油经济性



实际道路的汽油车燃油经济性

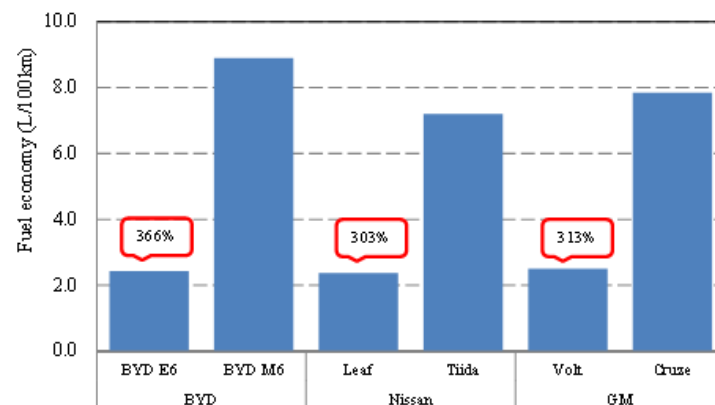
LDPV	燃油经济性 (L/100公里)	
	情景 1	情景2
2010	8.7	8.7
2015	7.9	7.9
2020	7.3	6.5
2025	6.6	6.0
2030	6.4	5.5

HEV 燃油经济性

Brand	Vehicle	Comparison Vehicle	Fuel Economy Improvement			Fuel Consumption Decrease		
			User-Reported	Old EPA Combined	New EPA Combined	User-Reported	Old EPA Combined	New EPA Combined
Ford	Escape	Escape 2WD V6	65%	55%	50%	-39%	-36%	-33%
	Mariner	Mariner 4WD V6	53%	48%	42%	-35%	-33%	-30%
GM	Aura	Aura 3.6L 4-spd Auto	34%	27%	29%	-25%	-22%	-22%
	Sierra	GM Sierra 2WD 5.3L	31%	7%	6%	-24%	-7%	-6%
	Vue	Vue 2WD 6 cyl. Auto	28%	27%	30%	-22%	-21%	-23%
Honda	Accord	Accord 3L Auto.	-9%	32%	29%	10%	-24%	-22%
	Civic	Civic 1.8L Auto.	52%	48%	45%	-34%	-32%	-31%
	Insight	Civic 1.8L Auto.	138%	85%	62%	-58%	-46%	-38%
Nissan	Altima	Altima V6 Auto	35%	60%	55%	-26%	-38%	-35%
Toyota	Camry	Camry V6 3.5L Auto.	53%	54%	48%	-34%	-35%	-32%
	GS 450h	GS430	28%	28%	21%	-22%	-22%	-17%
	Highlander	Highlander 2WD 3.3L	38%	39%	37%	-27%	-28%	-27%
	LS 600HL	LS 460 L	10%	11%	11%	-9%	-10%	-10%
	Prius	Corolla 1.8L Auto.	47%	68%	59%	-32%	-40%	-37%
	RX 400h	RX 350 2WD	28%	34%	30%	-22%	-26%	-23%
Average			42%	42%	37%	-27%	-28%	-26%

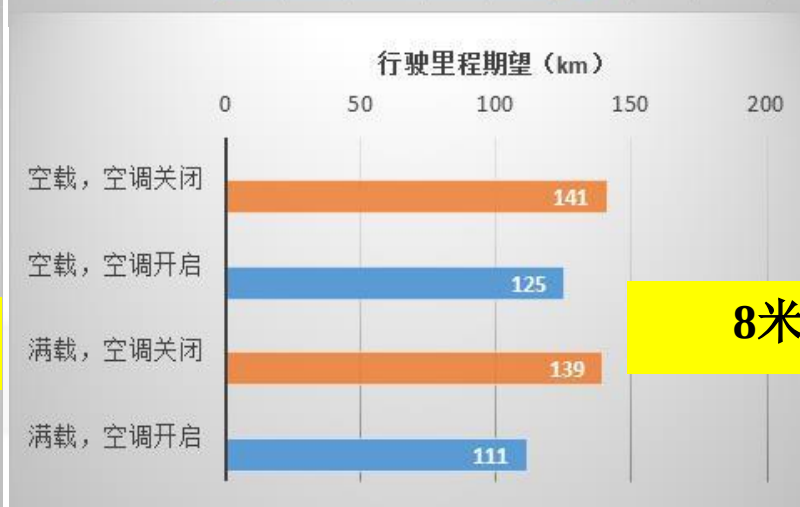
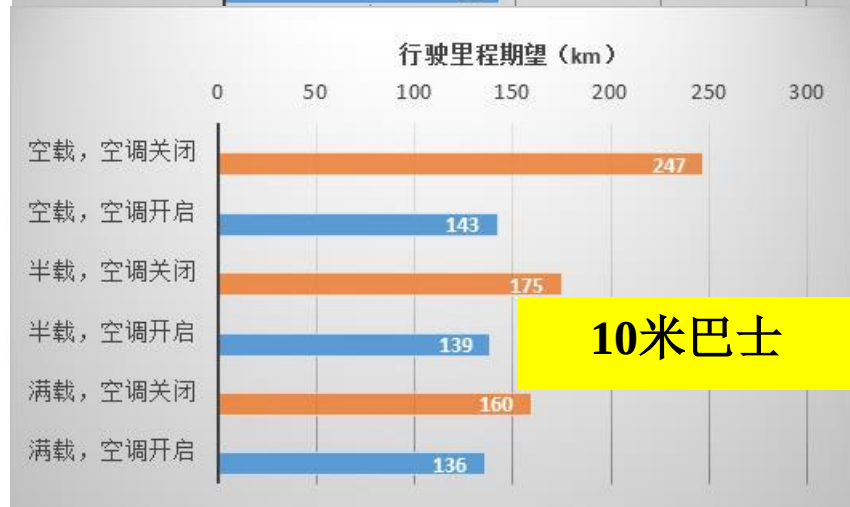
PHEV和BEV 燃油经济性

The Fuel economy comparison between EV and ICEV of three brands



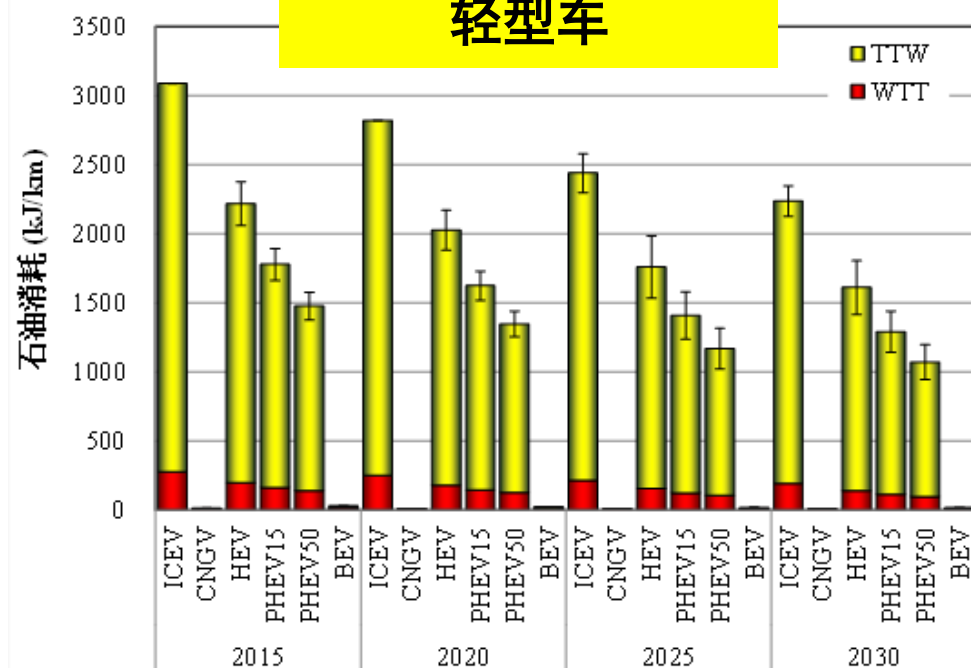
车辆运行阶段的关键参数：2) 公交车

多数电动巴士在**满载且空调开启**的综合电耗平均增加21-27%，并对应于单次续航里程下降17-21%；总体而言，**空调开启影响要大于负载的影响**。

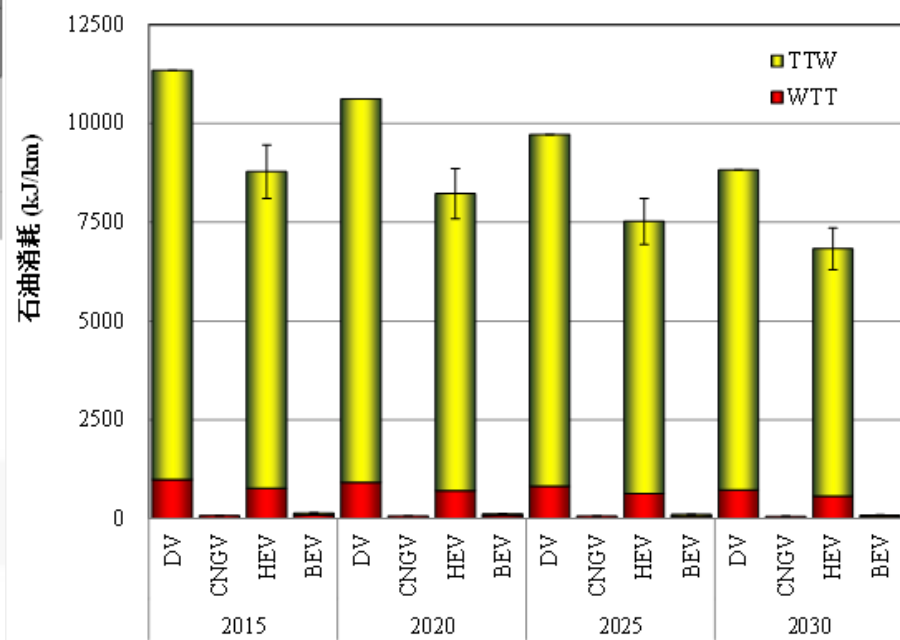


推广电动汽车能极大地改善石油能源安全

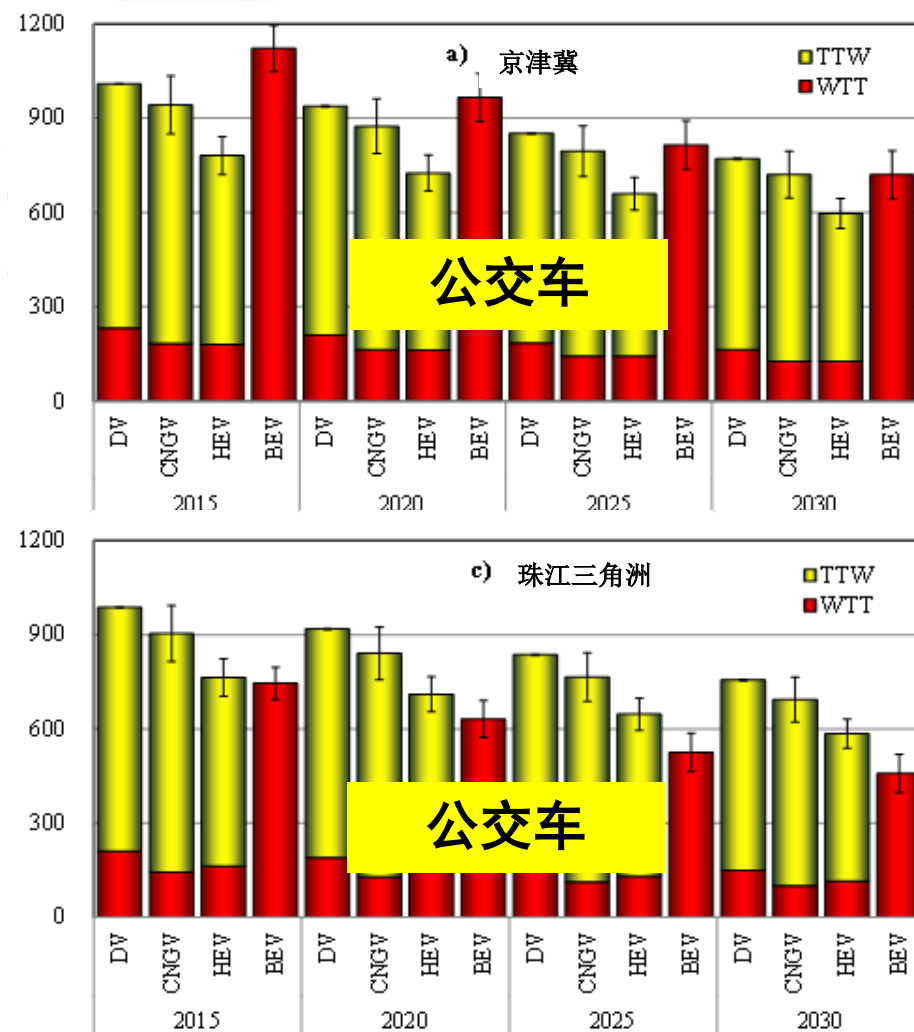
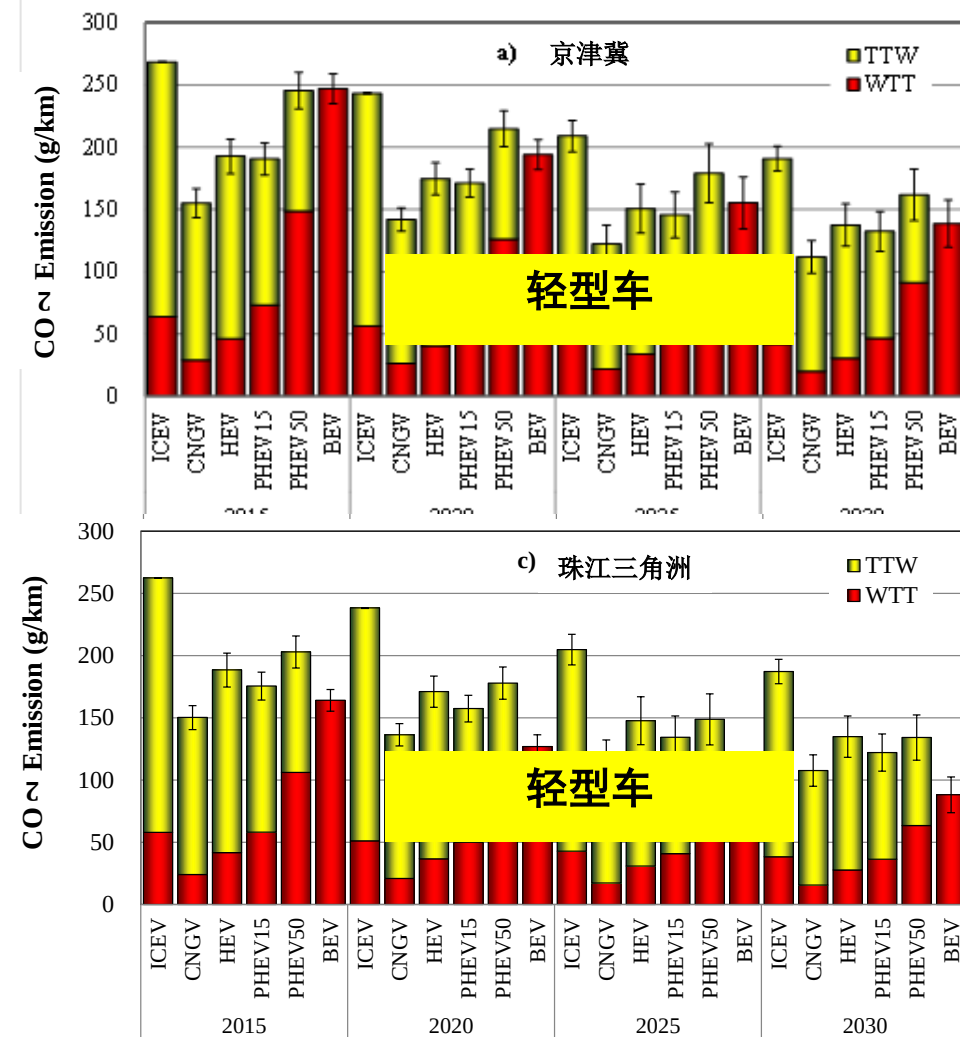
轻型车



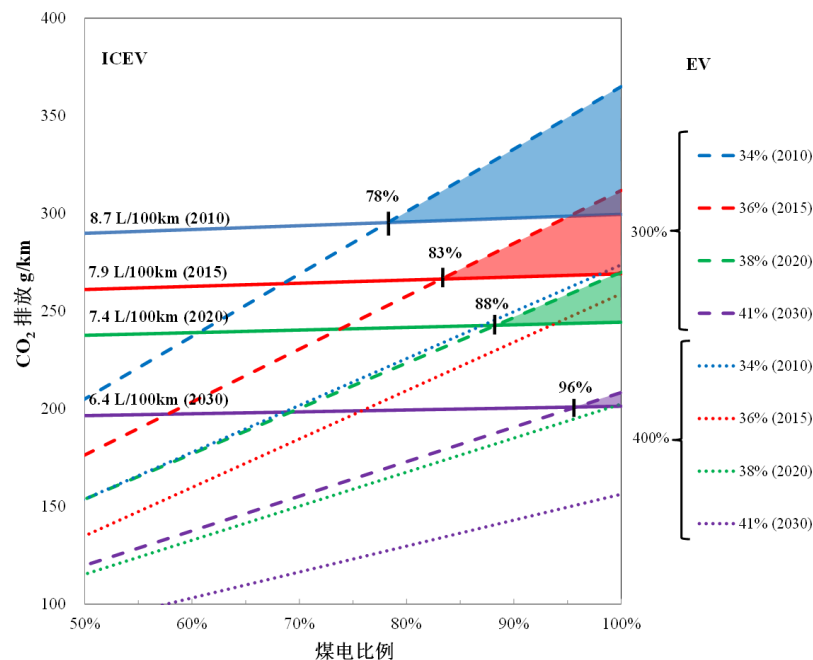
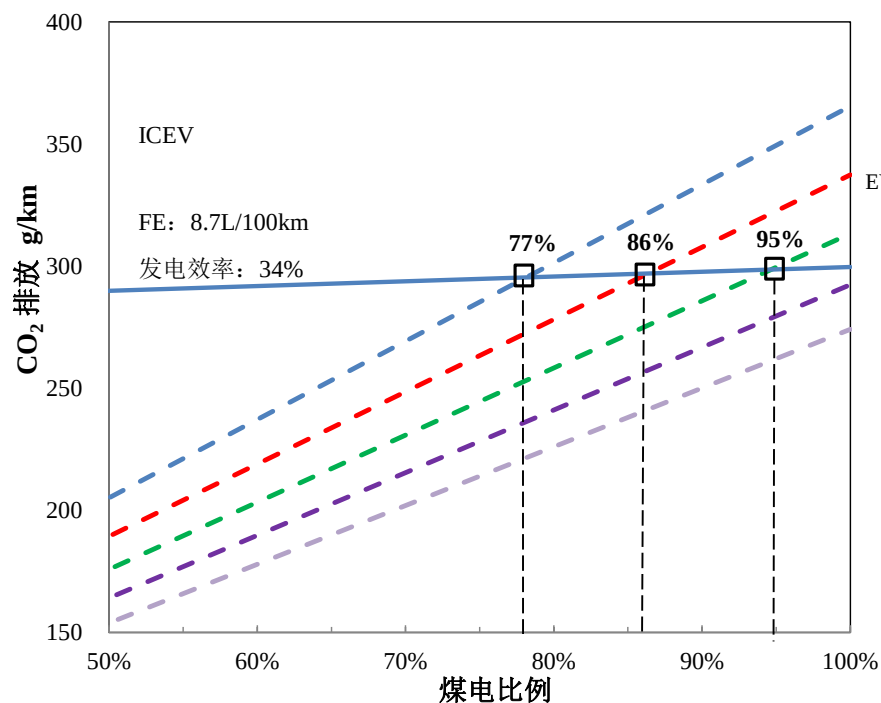
公交车



二氧化碳排放对电动汽车的效益与电力结构、煤炭技术和燃油经济性等高度相关



轻型BEV与ICEV的二氧化碳盈亏平衡点

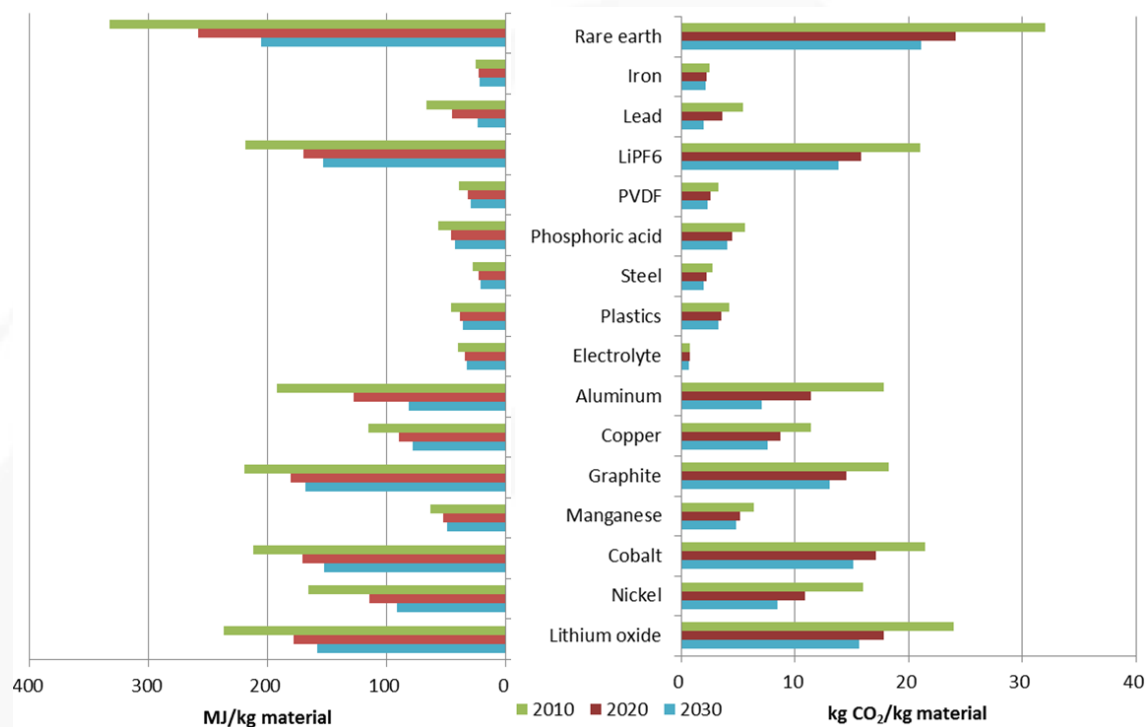


当发电效率为34%时（2010年水平）：

（1）BEV的FE为ICEV的300%：盈亏平衡点的煤电比例为77%。按照现在分地区电力构成，华北，东北，华东煤电比例均高于77%，ICEV优于BEV；其他地区BEV优于ICEV。

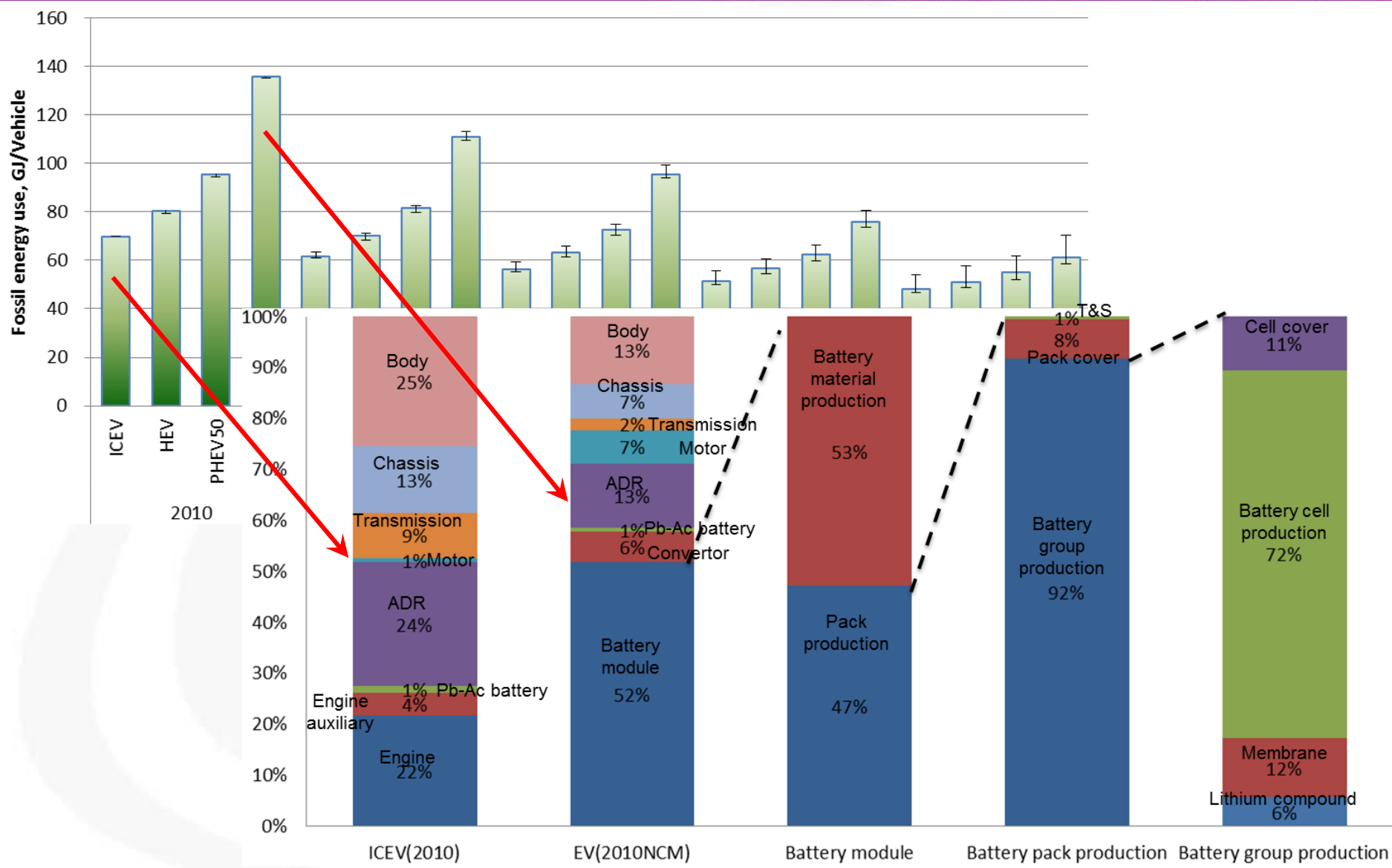
（2）BEV的FE为ICEV的350%：煤电比例为95%时ICEV与BEV持平。除了华北的所有其他地区BEV优于ICEV。

目前部分车用材料的能耗较高，未来需要重点控制

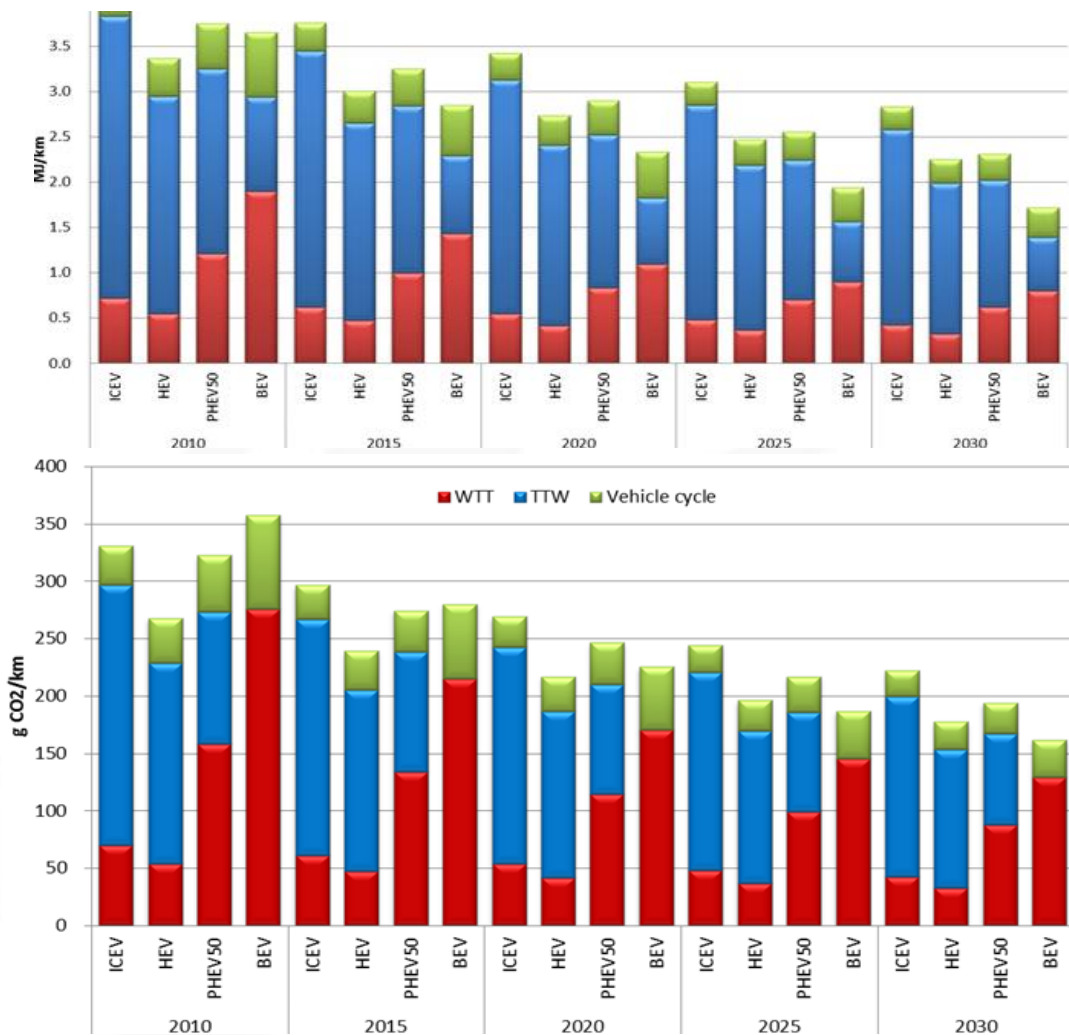


- 通常情况下，稀土、铝、石墨、钴、六氟磷酸锂、和氧化锂的能耗比其他材料的能耗相对较高。
- 在钴、镍和锰中，钴是化石能源消耗和二氧化碳排放最多的材料。
- 鉴于技术的进步，几乎所有材料材料的化石能源消耗和二氧化碳排放都会出现下降。高能耗材料（如铝）的下降幅度更为明显。

车用电池是电动车车用材料周期中能耗最高的部件



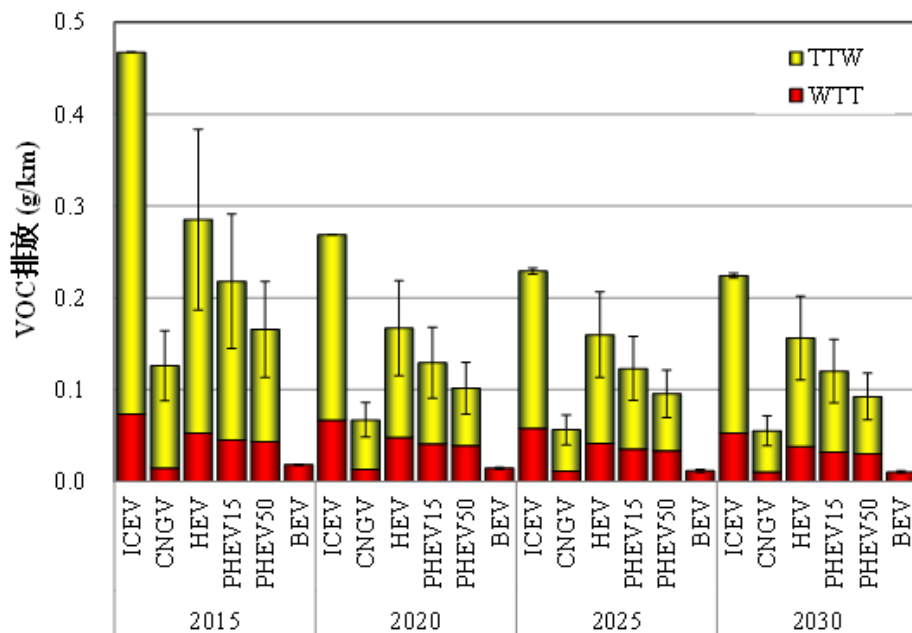
目前纯电动车全生命周期的CO₂与传统汽油车相比不具减排优势，但2020年后纯电动车减排优势趋于明显



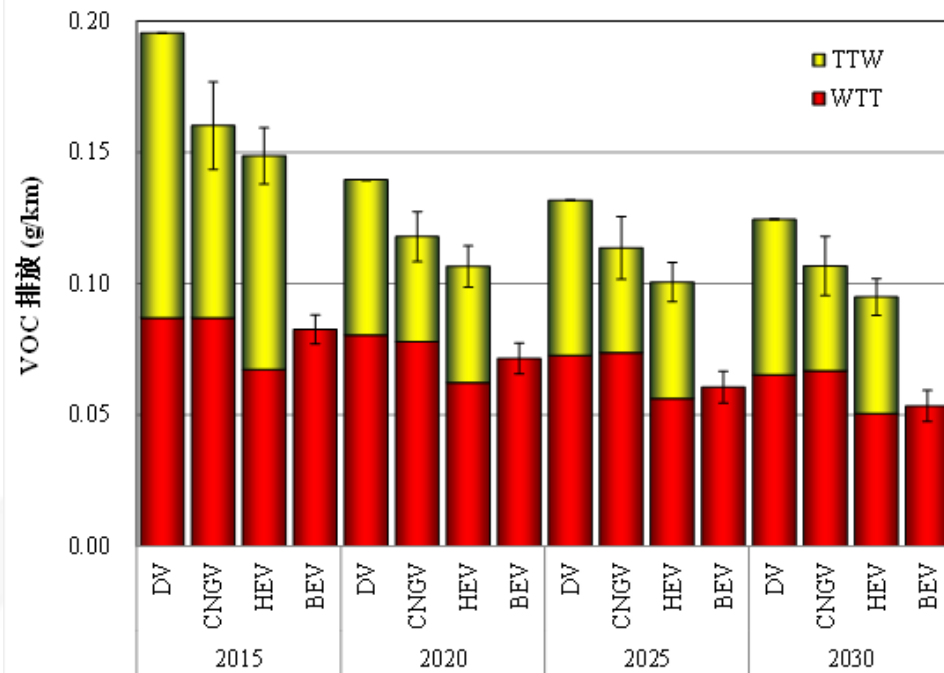
- 与传统汽油车相比，三种电动汽车技术实现了全生命周期化石能耗的节约。
- 纯电动车的化石能耗优势将比传统汽油车更加明显。
- 在现有阶段，纯电动车和插电式混合动力汽车全生命周期的CO₂与传统汽油车相比不具优势。
- 随着电池行业技术的完善和中国不断地推广可再生电力，纯电动车的减排优势将比ICEV明显。

对于主要来自于车辆运行阶段的污染物（例如VOC），电动汽车具有极佳的削减效益

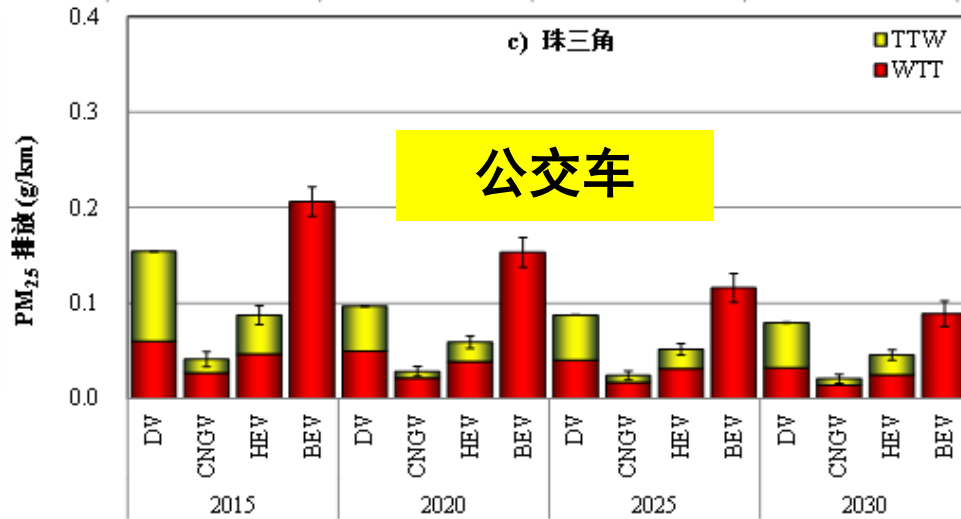
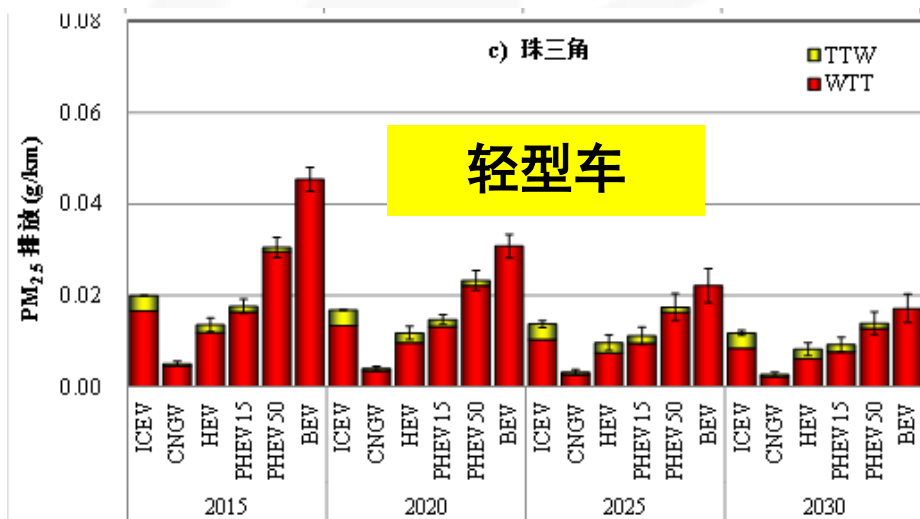
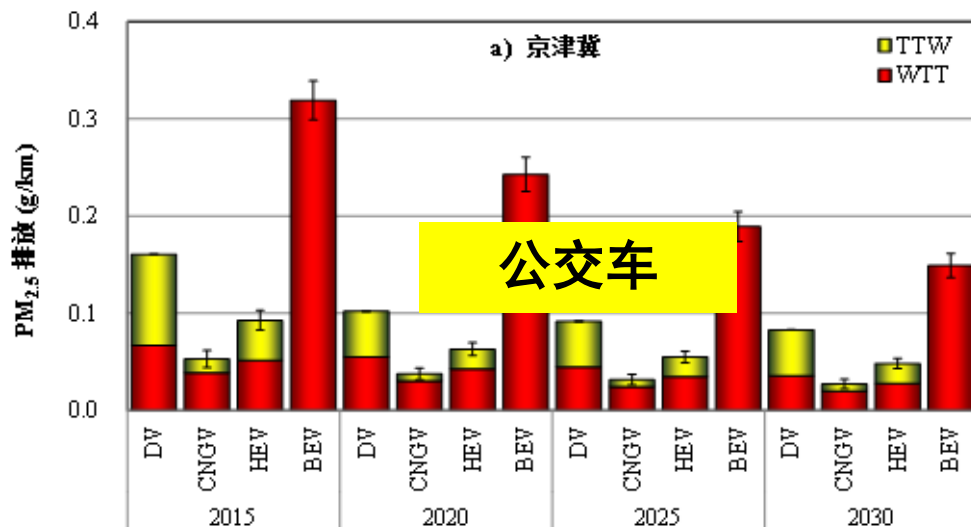
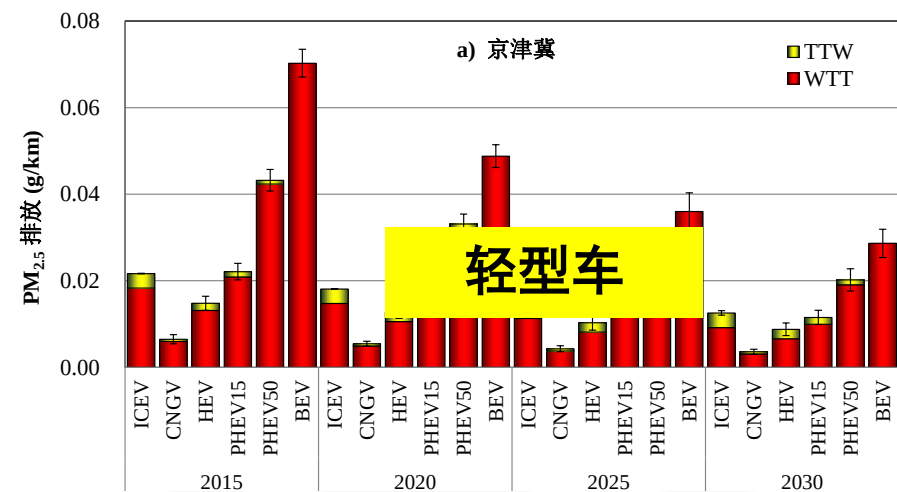
轻型车



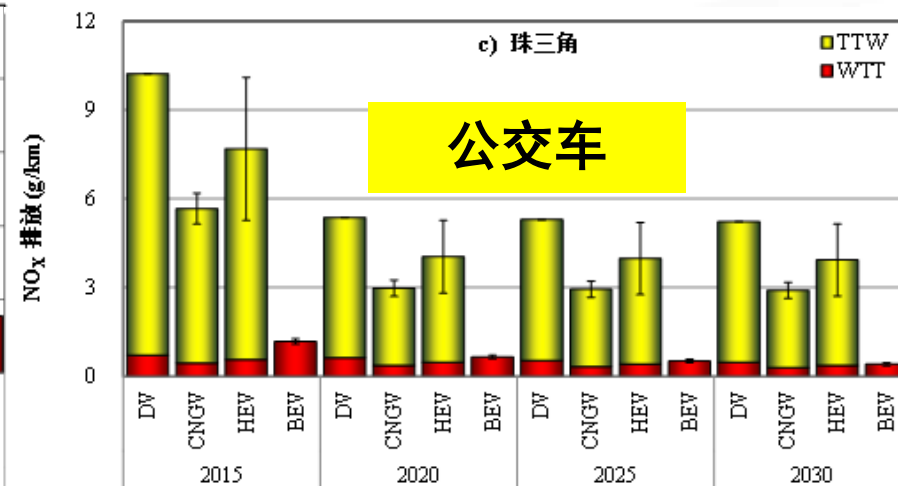
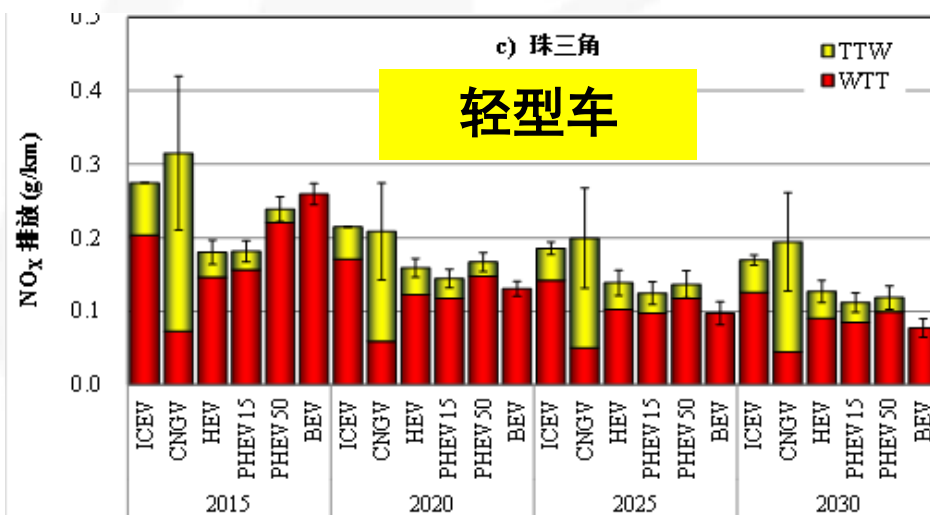
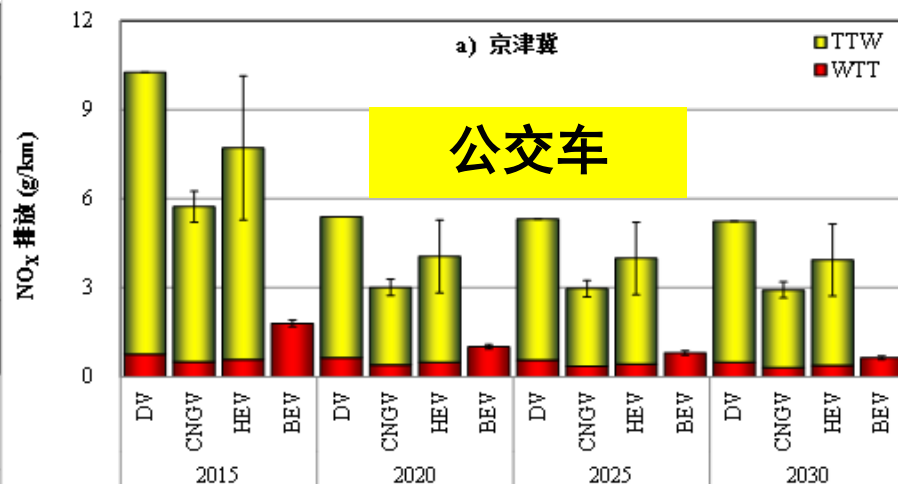
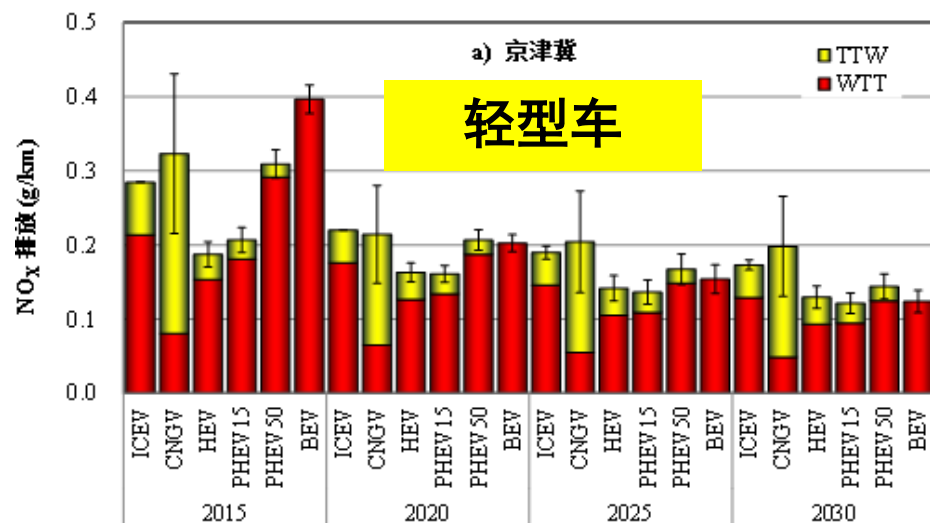
公交车



对于主要来自于上游电力生产的污染物（例如一次PM_{2.5}），电动汽车相比传统汽柴油车不具减排优势



对于 NO_x ，纯电动公交车的推广可获得最佳的减排效益；
但轻型电动车减排效益主要取决于上游电力清洁化程度



主要结论和政策建议（1）

■ 电动汽车推广对于改善石油能源安全意义重大

- ✓ 插电式混合动力车（PHEV15/PHEV50）可减少40-50%的石油消耗
- ✓ 纯电动车几乎不消耗石油

主要结论和政策建议（2）

- 电动汽车化石能源和CO₂减排效益与上游电力构成、煤电技术、车辆燃油经济性、车用材料等多因素强相关
 - ✓ 电动汽车石油削减效益>化石能源削减效益>CO₂削减效益
 - ✓ 在珠三角等清洁电力比例高的地区，PHEV/BEV的化石能源和CO₂减排效益显著；而在华北等煤电比例高的地区，PHEV/BEV的化石能源和CO₂减排效益大打折扣
 - ✓ 在我国煤电比例较高的地区，近期HEV和较小电池的插电式混合动力车（例如PHEV15）的化石能源和CO₂减排效益更佳
 - ✓ 目前纯电车全生命周期（燃料+材料+车辆运行）的CO₂与传统汽油车相比不具减排优势，车用电池材料的节能也需要予以关注

主要结论和政策建议（3）

- 新能源车推广初期（2020年前）：从**削减石油消耗**或从**削减车辆运行阶段排放**考虑可给予其**超低至零排放车待遇**
 - ✓ 纯电动车：燃油经济性、CO₂排放和污染物排放设为0
 - ✓ 插电式混合动力车：按照AER的不同综合设定其经济性和排放改善比例
- 但在新能源车大范围推广阶段（2020年后），对新能源车能耗、CO₂排放和污染物排放**削减效益**的评估需从生命周期的角度考虑，并**平衡能耗、CO₂排放和污染物排放的关系**

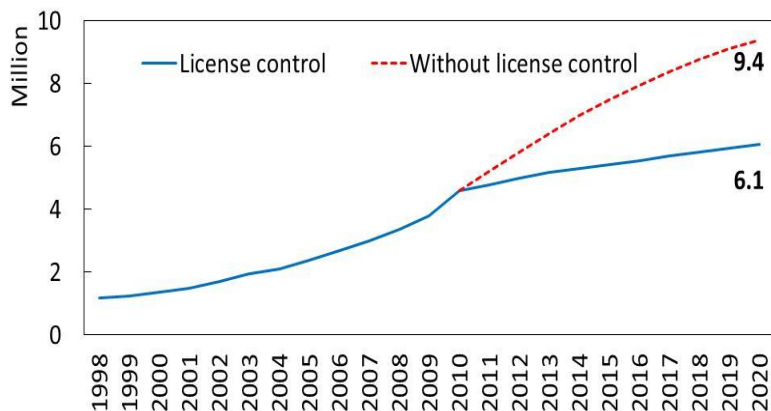
主要结论和政策建议（4）

- 电动车的推广对于削减VOC和CO效益极佳，但是近期内会增加SO₂和一次PM_{2.5}排放，针对NO_x的减排效益则取决于车型和上游电力，因此，今后需要科学评估其对城市和环境的质量影响和人群健康的影响
- 电动汽车的推广必须同步推动：
 - ✓ 可再生清洁电力（太阳能、风能等）构成比例的显著提升
 - ✓ 更高效煤电技术（超超临界、IGCC等）构成比例的提升
 - ✓ 更高效车用电池材料和其他车用部件材料技术的采用
 - ✓ 在煤电后处理控制先进（FGD/SCR/高效除尘联合）的地区优先推动电动车

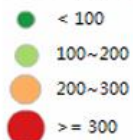
电动车推广 vs. 重点区域和城市汽车总量控制

机动车在我国大城市/城市群和重点区域高度集中，今后汽车总量（保有量+活动水平）控制将成为机动车排放控制的重点内容：如何协调电动车推广和缓解交通拥堵？

Total vehicle pollution in Beijing



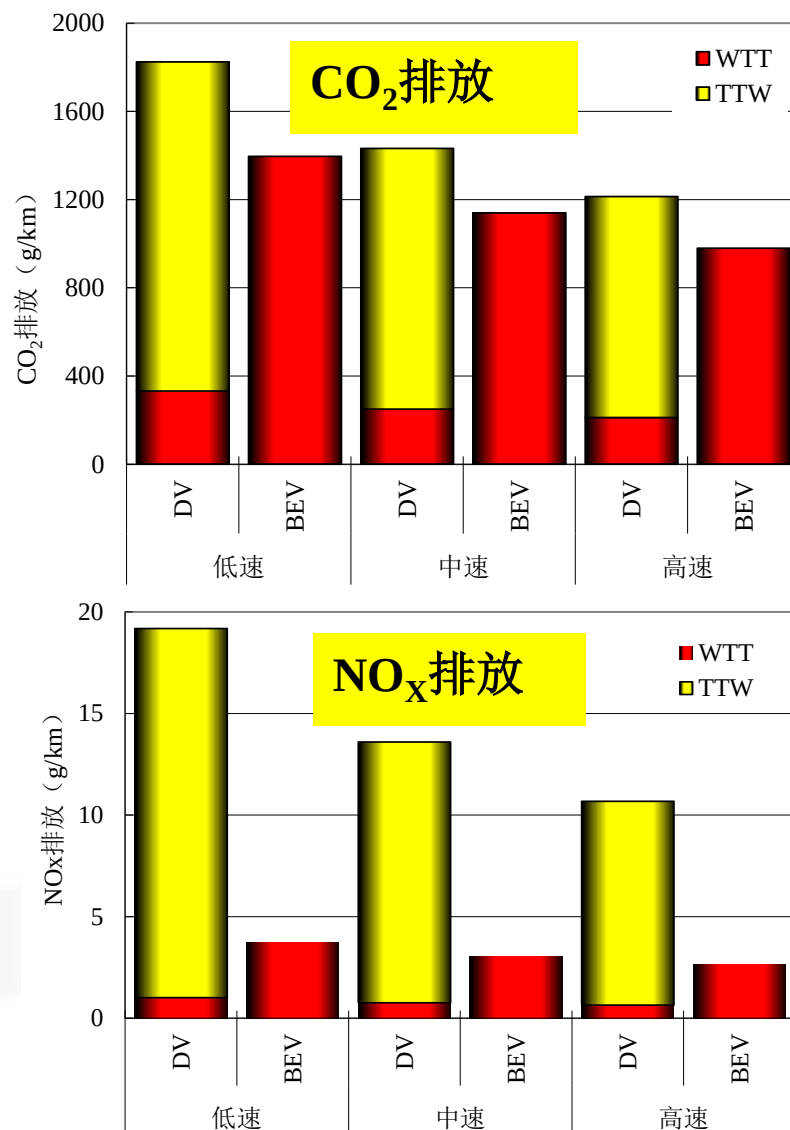
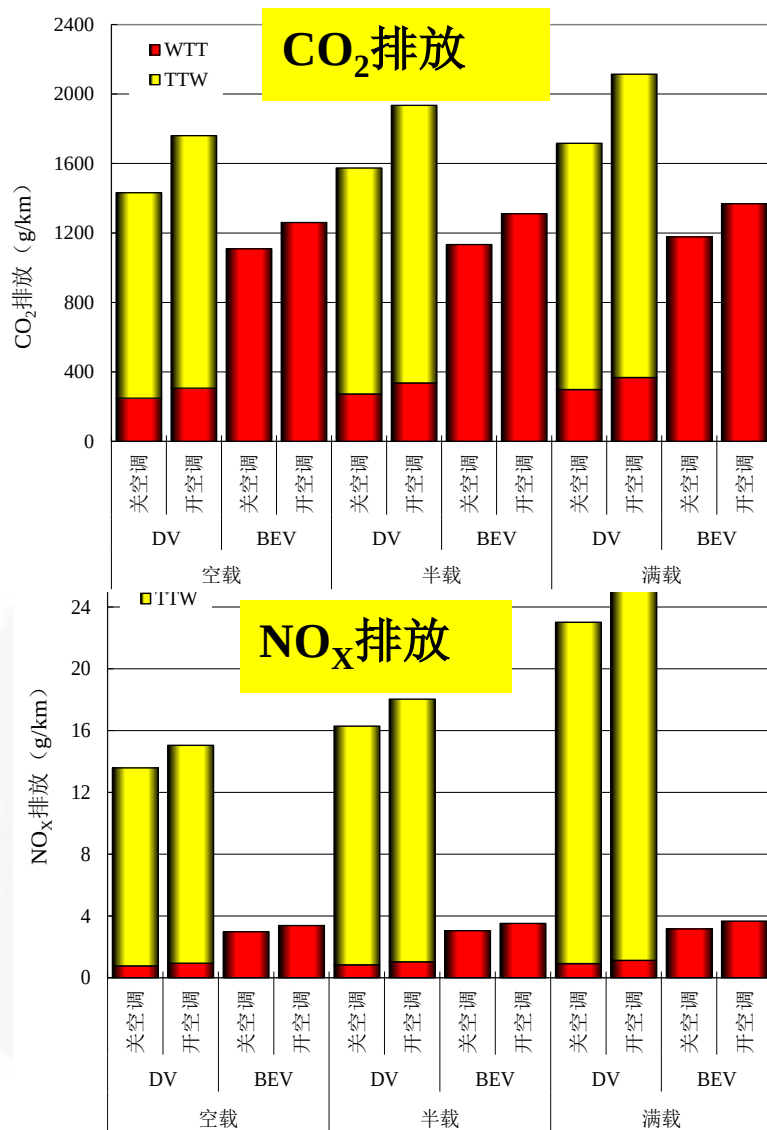
2013年汽车保有量(万辆)



注：红色标注城市已采取限购措施



多数测试情况下电动巴士在**低速拥堵**、**空调开启**或**满载**等“严苛”条件下趋向于获得**更大的节能减排优势**



致谢





谢谢！

欢迎提问！

吴 焱，清华大学环境学院

010-62796947

ywu@tsinghua.edu.cn